



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 22 707 A 1**

⑤① Int. Cl.7:
B 60 C 23/02
G 01 L 17/00

②① Aktenzeichen: 199 22 707.1
②② Anmeldetag: 17. 5. 1999
④③ Offenlegungstag: 27. 1. 2000

DE 199 22 707 A 1

③⑩ Unionspriorität:
079375 15. 05. 1998 US

⑦① Anmelder:
Algonquin Scientific, LLC, Troy, Mich., US

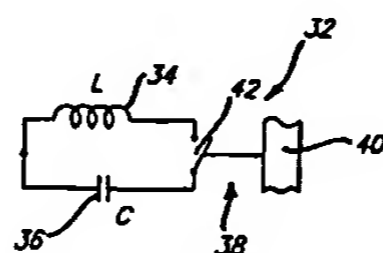
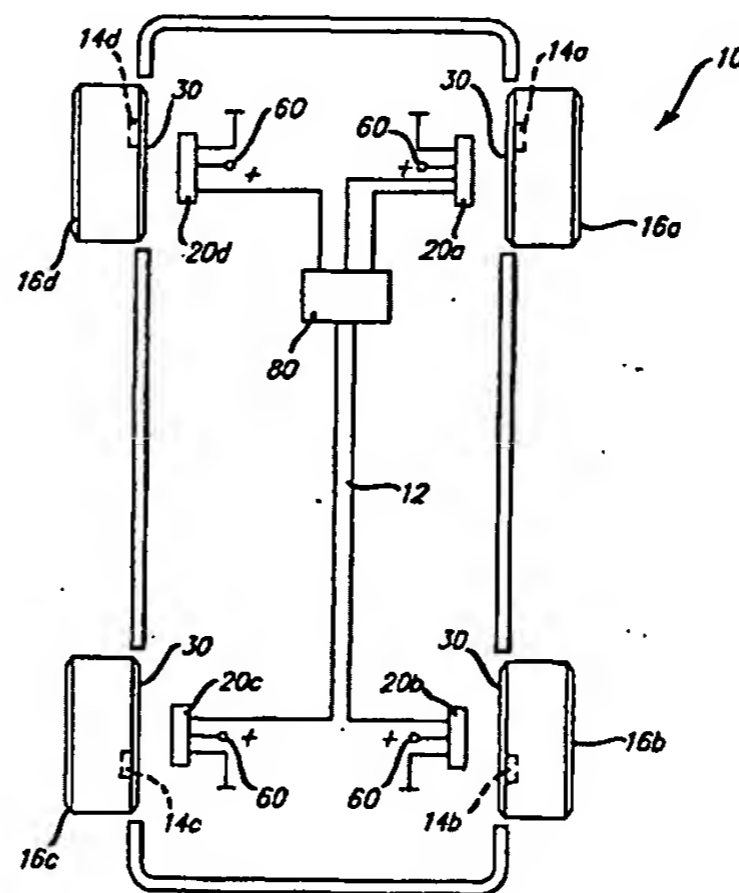
⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Hauck, Graalfs, Wehnert, Döring,
Siemons, 80336 München

⑦② Erfinder:
Isakov, Slavik, North York, Ontario, CA; Konshin,
Boris, Toronto, Ontario, CA

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Reifendruck-Überwachung

⑤⑦ Eine Reifendruck-Überwachungsanlage oder eine Überwachungsanlage für einen ersten Parameter hat einen Aufnehmer (14, 200, 356) und einen Empfänger (20, 90, 220, 370). Der Aufnehmer (14, 200, 356) liegt an einer ersten Stelle und fühlt den Reifendruck bzw. einen ersten Parameter ab. Der Empfänger (20, 90, 220, 370) liegt an einer zweiten Stelle nahe des Aufnehmers (14, 200, 356) und erzeugt ein den ersten Parameter bzw. den Reifendruck anzeigendes Signal. Er hat eine erste Spule (62, 230, 347), eine zweite Spule (64, 232, 376) sowie einen Verstärker (70, 94, 272) mit einem Rückkopplungsweig. Die beiden Spulen liegen so zueinander, daß eine elektromagnetische Kopplung zwischen ihnen entsteht, wodurch die Rückkopplung im Rückkopplungsweig des Verstärkers (70, 94, 372) entweder Null oder negativ ist. Der gemessene erste Parameter bzw. Reifendruck kann über eine Anzeige (80) angezeigt werden. Der Aufnehmer hat vorzugsweise einen Schwingkreis (32, 362) mit einer Spule (34, 202, 364) und einen Kondensator (36, 204, 366), wobei entweder Induktivität oder Kapazität druckabhängig sein können. Alternativ kann über eine Druckdose auch ein Schalter im Schwingkreis (36, 362) druckabhängig geöffnet oder geschlossen werden. Ist der Aufnehmer (14, 200, 356) in Wirkabstand zum Empfänger (20, 90, 220, 370) ändert sich dessen Schwingungszustand vom nichtschwingenden Ruhezustand in einen schwingenden Zustand aufgrund der elektromagnetischen Kopplung zwischen Aufnehmer (14, 200, 356) und ...



DE 199 22 707 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft Überwachungsanlagen, insbesondere für den Reifendruck der Reifen eines Kraftfahrzeuges, die ein Reifendruck anzeigendes Signal erzeugen.

Der richtige Reifendruck ist für die Sicherheit sowie den Komfort eines Kraftfahrzeuges von großer Bedeutung. Ein zu hoher Druck erhöht den Reifenverschleiß und verschlechtert die Fahreigenschaften. Ein zu niedriger Druck führt ebenfalls zu erhöhtem Reifenverschleiß und zu verschlechterten Fahreigenschaften und verschlechtert darüber hinaus die Straßenlage eines Fahrzeuges.

Bislang wird der Luftdruck in Reifen, im folgenden als Reifendruck bezeichnet, mit mechanischen Druckmessern überprüft, die auf das Reifenventil aufgesetzt werden. Mit solchen Vorrichtungen ist eine genaue Erfassung des Reifendrucks möglich, sie sind jedoch für eine konstante Überwachung des Reifendruckes nicht tauglich. Deshalb muß man zum Überprüfen des Reifendruckes anhalten und aussteigen. Deshalb können solche mechanischen Reifendruckmesser nicht davor warnen, daß der Reifendruck einen für normale Fahrzustände gefährlichen Wert erreicht hat (beispielsweise bei einem üblichen Kraftfahrzeug unter 14 p.s.i.).

Es sind Anlagen mit einem aktiven Kondensator/Spulenschwingkreis (LC-Kreis) bekannt, der im Reifen befestigt ist, um den Reifendruck zu überwachen. Ein solcher aktiver LC-Kreis bedarf jedoch einer Energiequelle. Da er im Reifen befestigt ist, sind die Energiequelle sowie weitere Schaltungselemente aufgrund der Reifendrehungen Erschütterungen sowie anderen widrigen Umständen, z. B. Temperaturveränderungen, ausgesetzt. Darüber hinaus sind die Schaltungselemente aufgrund ihrer Anordnung im Reifen schwierig einzubauen oder bei Schaden auszutauschen. Schließlich haben solche Anlagen normalerweise keine Warnfunktion für den Fahrer, für den Fall, daß der Reifendruck unter oder über einen vorbestimmten minimalen bzw. maximalen Schwellwert fällt bzw. steigt.

Es ist Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Reifendruck-Überwachungsanlage zu schaffen, die diese Nachteile behebt. Mit einer solchen Reifendruck-Überwachungsanlage kann der Reifendruck mittels eines passiven Aufnehmers kontinuierlich überwacht werden, wobei der Aufnehmer besser im Reifen zu befestigen, die Anlage weniger störungsanfällig ist, Änderungen des Reifendrucks genau überwacht werden können, und die Aufnehmer einen außerhalb eines vorbestimmten Bereiches liegenden Reifendrucks oder den tatsächlichen Reifendruck aufgrund einer reifen-druckabhängigen elektrischen Kapazität oder Induktivität anzeigen.

Dieses Ziel sowie diese Vorteile werden durch eine Erfindung gemäß den beiliegenden Ansprüchen erreicht.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Reifendruck-Überwachungsanlage, die einen passiven LC-Kreis verwendet, welcher im Reifen befestigt ist. Der passive Kreis benötigt keine Energieversorgung und ist deshalb sowohl kostengünstiger als auch langlebiger als aktive Reifendruckaufnehmer bekannter Überwachungsanlagen. Die Reifendruck-Überwachungsanlage gibt dem Fahrer vorzugsweise entweder ein hörbares oder ein optisches Signal, wenn der Reifendruck an einem Reifen unter einen Schwellwert fällt. Dabei kann die Reifendruck-Überwachungsanlage so ausgebildet werden, daß sie dem Fahrer eine kontinuierliche digitale Ausgabe des aktuell in jedem Reifen abgefühlten Reifendrucks liefert. Die Abföhlung erfolgt entweder durch einen Aufnehmer mit variabler Kapazität oder mit variabler Induktivität.

In einer Ausführungsform, insbesondere nach den Ansprüchen 1 mit 6, ist bei der Reifendruck-Überwachungsanlage ein Aufnehmer an mindestens einem Reifen des Fahrzeuges, ein Empfänger und eine Reifendruckanzeige vorgesehen. Der Aufnehmer ist bezüglich dieses Reifens fest und fühlt den Reifendruck darin ab. Der Empfänger ist bezüglich des Fahrzeuges fest und liegt an einer Stelle außerhalb des Reifens und nahe dem Aufnehmer. Er erzeugt ein Signal, das den vom Aufnehmer abgefühlten Reifendruck anzeigt. Der Empfänger hat eine erste Spule, eine zweite Spule und einen Verstärker mit einem Rückkopplungs-zweig, wobei die beiden Spulen so zueinander liegen, daß zwischen ihnen eine elektromagnetische Kopplung entsteht, so daß die Rückkopplung im Ruhezustand, d. h. ohne Einkopplung des Aufnehmers entweder im wesentlichen Null oder negativ ist. Die Reifendruckanzeige ist an den Empfänger angeschlossen und zeigt ausgehend von dessen Signal den Reifendruckzustand an.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, insbesondere nach den Ansprüchen 7 mit 12, ist eine Überwachungsanlage für einen ersten Parameter vorgesehen, die einen Aufnehmer, einen Empfänger und eine Anzeige aufweist. Der Aufnehmer fühlt den ersten Parameter ab. Der Empfänger hat eine erste Spule, eine zweite Spule sowie einen Verstärker mit Rückkopplungs-zweig. Erste und zweite Spule liegen zueinander so, daß zwischen ihnen eine elektromagnetische Kopplung erzeugt wird, so daß die Rückkopplung im Ruhezustand entweder im wesentlichen Null oder negativ ist. Die Anzeige zeigt dem Benutzer den ersten Parameter an.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, insbesondere nach den Ansprüchen 13 mit 19, ist eine Reifendruck-Überwachungsanlage mit einem Aufnehmer, einem Empfänger und einer Reifendruckanzeige vorgesehen. Der Aufnehmer ist in einem ersten und einem zweiten Gehäuse angeordnet, die beide an der Felge befestigt sind und elektrisch miteinander verbunden sind. Der Empfänger liegt außerhalb des Reifens und nahe des Meßaufnehmers und ist elektrisch mit dem Aufnehmer koppelbar, so daß ein den vom Meßaufnehmer abgefühlten Druck anzeigendes Signal erzeugt wird. Dieses wird über die Reifendruckanzeige angezeigt.

In einer weiteren Ausführungsform, insbesondere nach den Ansprüchen 20 mit 26, ist eine Überwachungsanlage für einen ersten Parameter vorgesehen, die einen Aufnehmer und einen Empfänger aufweist. Der Aufnehmer hat eine Spule mit einer Induktivität L, die bezüglich einem Ferritkern ausgerichtet wird. Dieser verändert die Induktivität L der Spule, wodurch der Meßaufnehmer den ersten Parameter abfühlt. Der Empfänger liegt nahe des Aufnehmers, ist elektromagnetisch mit diesem koppelbar und erzeugt ein Signal, das den vom Meßabnehmer abgefühlten ersten Parameter anzeigt.

In einer weiteren Ausführungsform, insbesondere nach den Ansprüchen 27 mit 32, ist eine Überwachungsanlage für einen ersten Parameter mit einem Aufnehmer und einem Empfänger vorgesehen. Der Aufnehmer fühlt diesen ersten Parameter ab. Der Empfänger liegt nahe des Aufnehmers und hat einen Verstärker mit einem Rückkopplungs-zweig. Der Verstärker ist in einem nichtschwingenden Ruhezustand, wenn der Aufnehmer nicht elektromagnetisch mit dem Empfänger gekoppelt ist. Er ist in einem aktiven Schwingungszustand, wenn der Aufnehmer elektromagnetisch mit dem Empfänger gekoppelt ist.

In einer weiteren Ausführungsform, insbesondere nach den Ansprüchen 32 mit 39 ist ein Aufnehmer zum Überwachen eines ersten Parameters mit einem Kondensator, einer Spule und einem Ferritkern vorgesehen. Der Ferritkern wird

bezüglich der Spule, die eine Induktivität L hat, angeordnet. Bei einer Bewegung des Ferritkerns gegenüber der Spule wird die Induktivität L abhängig vom ersten Parameter verändert.

In einer weiteren Ausführungsform, insbesondere nach den Ansprüchen 40 mit 45, ist ein Empfänger zum Überwachen eines ersten Parameters durch einen Aufnehmer vorgesehen. Der Empfänger hat einen Verstärker, eine erste Spule und eine zweite Spule. Der Verstärker, an dem erste und zweite Spule angeschlossen sind, hat einen Rückkopplungszweig. Er ist in einem nichtschwingenden Ruhezustand, wenn der Aufnehmer nicht elektromagnetisch mit dem Empfänger gekoppelt ist. Ist der Aufnehmer elektromagnetisch mit dem Empfänger gekoppelt, ist der Verstärker in einem aktiven Schwingungszustand.

Durch die vorliegende Erfindung ist eine Reifendruck-Überwachungsanlage geschaffen. Natürlich kann nach der vorliegenden Erfindung ein beliebiger Umfang mit einem Aufnehmer überwacht werden, der an einer ersten Stellung und einem Empfänger, der an einer zweiten Stelle angeordnet ist. Die Erfindung ist somit nicht nur auf die Überwachung des Reifendrucks beschränkt. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können dazu verwendet werden, den Druck, die Temperatur, die Bewegung, Belastungen, Dehnungen etc. zu messen, wobei Aufnehmer an oder in verschiedenen Gegenständen, beispielsweise Reifen, Förderketten oder gar menschlichen Körpern befestigt werden können. Natürlich können die Aufnehmer in Kombination mit den Empfängern auch dazu verwendet werden, nicht nur den Reifendruck, sondern auch andere Parameter, wie beispielsweise Temperatur oder andere physikalische Größen in einem bewegten oder sich drehenden Gegenstand zu erfassen. Dadurch sind die zuvor erwähnten Nachteile der gegenwärtig verfügbaren Verfahren und Techniken zum Überwachen des Reifendrucks oder anderer Umfänge behoben oder gemildert.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf den Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges mit einer Reifendruck-Überwachungsanlage,

Fig. 2 eine elektrische Schemadarstellung einer ersten Ausführungsform eines Aufnehmers,

Fig. 3a eine perspektivische, teilweise aufgeschnittene Darstellung einer Druckdose, wie sie in Fig. 2 Verwendung finden kann,

Fig. 3b eine Schnittdarstellung einer zweiten Ausführungsform einer Druckdose, wie sie in Fig. 2 Verwendung finden kann,

Fig. 4 einen einfachen Schaltplan einer ersten Ausführungsform eines Empfängers,

Fig. 5 eine elektrische Schemadarstellung zur Veranschaulichung des von den zwei Spulen der Fig. 4 erzeugten elektromagnetischen Feldes,

Fig. 6 eine Schemadarstellung der Anordnung der zwei Spulen der Fig. 4,

Fig. 7 eine vereinfachte schematische Darstellung der Wirkweise des Aufnehmers der Fig. 2 zusammen mit dem Empfänger der Fig. 4, wenn der Aufnehmer in eine Lage nahe des Empfängers gedreht ist,

Fig. 8 ein Schaltplan des Empfängers der Fig. 4 und des Aufnehmers der Fig. 2,

Fig. 9A und B Zeitreihen der vom Operationsverstärker und Detektor der Fig. 8 ausgegebenen Spannungen,

Fig. 10 einen vereinfachten Schaltplan eines LED-Treibers, wie er in der Anlage der Fig. 1 Verwendung finden kann,

Fig. 11A und B eine weitere Ausführungsform eines Auf-

nehmers mit einem druckempfindlichen Kondensator,

Fig. 12A einen vereinfachten Schaltplan des Empfängers nach einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 12B eine Schemadarstellung der Zeitreihen der vom Empfänger der Fig. 12A ausgegebenen Spannungen,

Fig. 13 eine Darstellung der Schwingungsperiode des Ausgangssignals des Empfängers der Fig. 12A als Funktion des Reifendrucks bei konstanter Induktivität des Empfängers,

Fig. 14 eine vereinfachte Schemadarstellung der Meß- und Anzeigefähigkeiten der Anlage der zweiten Ausführungsform,

Fig. 15 ein Funktionsblockschaltbild des Wandlerblockes der Fig. 14,

Fig. 16 Zeitreihen von an unterschiedlichen Knoten der Schaltung der Fig. 15 gemessener Spannungen,

Fig. 17 die Auftragung von im Speicher des Prozessors, der in der zweiten Ausführungsform Verwendung findet, aufgezeichneten Druckwerten,

Fig. 18 eine perspektivische Darstellung des an der Felge durch eine erste Befestigungstechnik befestigten Aufnehmers der Fig. 2,

Fig. 19 eine Darstellung ähnlich der Fig. 18 mit einer zweiten Befestigungstechnik,

Fig. 20 eine Schnittdarstellung des Aufnehmers der Fig. 2, mit einer dritten Befestigungstechnik an der Felge befestigt,

Fig. 21 eine Schnittdarstellung eines Teils des Aufnehmers, der in den Fig. 18 bis 20 an der Felge befestigt ist,

Fig. 22 eine Drucküberwachungsanlage nach einer dritten Ausführungsform,

Fig. 23 eine Schemadarstellung zur Veranschaulichung der Wirkweise des Aufnehmers und des Empfängers der Fig. 22, wenn der Aufnehmer in eine Stellung nahe des Empfängers gedreht ist,

Fig. 24 eine schematische Darstellung einer zweiten Anordnung der zwei Spulen der Fig. 23,

Fig. 25A und B Schemadarstellungen zweier Leiter Schleifen $L1$ und $L2$ zur Veranschaulichung der bei Fig. 23 in die gleiche bzw. die entgegengesetzte Richtung fließenden Ströme,

Fig. 26 ein Ablaufdiagramm des Zusammenwirkens von Aufnehmer und Empfänger der Fig. 23,

Fig. 27A und B eine erste Ausführungsform des Aufnehmers der Fig. 23,

Fig. 28A und B eine zweite Ausführungsform des Aufnehmers der Fig. 23,

Fig. 29 einen vereinfachten Schaltplan des Empfängers der Fig. 22 zusammen mit Messungs- und Auslesebeschaltung nach der dritten Ausführungsform und

Fig. 30 Zeitreihen von an verschiedenen Knoten der Schaltung der Fig. 29 gemessenen Spannungen.

Nachfolgend wird eine Reifendruck-Überwachungsanlage in drei Ausführungsformen beschrieben.

In Fig. 1 ist eine Reifendruck-Überwachungsanlage 10 am Antriebsstrang 12 eines Kraftfahrzeuges befestigt. Die Reifendruck-Überwachungsanlage 10 hat vier Aufnehmer 14a bis 14d, die jeweils innen oder außen an einem Rad 16a bis 16d befestigt sind. Vier Empfänger 20a bis 20d sind mit (nicht dargestellten) Bügeln am Antriebsstrang 12 einige Zentimeter von der Innenflanke des entsprechenden Rades beabstandet befestigt. Die Reifendruck-Überwachungsanlage überwacht den Reifendruck in jedem Reifen 16a bis 16d während der Fahrt des Kraftfahrzeuges, indem eine elektromagnetische Kopplung zwischen jeweiligem Aufnehmer 14a bis 14d und Empfänger 20a bis 20d entsteht, während der Aufnehmer 14a bis 14d zum jeweiligen Empfänger 20a bis 20d bei der Drehung des Reifens 16a bis 16d

ausgerichtet ist. Durch diese Kopplung kann man erreichen, daß angezeigt wird, wenn der Reifendruck unter einen vorbestimmten Schwellwert fällt. Alternativ kann der Fahrer kontinuierlich über den aktuellen Reifendruck informiert werden. Im folgenden werden drei Ausführungsformen der Reifendruck-Überwachungsanlage 10 erläutert.

1. Ausführungsform

Fig. 1 mit 2 zeigen den Aufbau, den jeder Aufnehmer 14a bis d hat, im folgenden wird stellvertretend der Aufnehmer 14a beschrieben. Die Aufnehmer 14b-d sind in Aufbau und Funktionsweise identisch. Der Aufnehmer 14a ist vorzugsweise am inneren Felgenhorn 30 des Rades 16a oder an der Felge des Rades 16a befestigt. Er hat einen LC-Kreis 32 mit einer Spule 34 und einem Kondensator 36 sowie ein Schaltelement 38 mit einer abgeschlossenen Membran oder Druckdose 40, die einen Schalter 42 öffnet oder schließt. Die Schaltung 42 ist passiv, d. h. sie benötigt keine Energieversorgung. Spule 34 und Kondensator 36 bilden einen Schwingkreis (LC-Kreis), der entweder leitend oder nicht leitend ist, je nach Druck im zugeordneten Reifen. Die Druckdose 40 steuert somit die Leitfähigkeit des Kreises 32 abhängig vom Reifendruck.

Die in Fig. 2 dargestellte Spule 34 besteht vorzugsweise aus mehreren Drahtwicklungen, z. B. einem schraubenförmigen 0,05 mm starken Draht, der mit einem Durchmesser von beispielsweise 50 bis 60 mm gewickelt ist. Die Spule 34 kann zusammen mit dem Schalter 38 innerhalb des Reifens an der Flanke 30 durch Aufvulkanisieren mit flüssigem Gummi dauerhaft befestigt sein. Das Schaltelement 38 schließt den Schaltkreis druckabhängig, wodurch dieser leitend wird. Der Kondensator ist an einem Deckel 44 (vgl. Fig. 3a und 3b) des Schaltelementes 38 befestigt. Die Anschlüsse der Spule 34 und des Kondensators 36 sind zusammen an einer Basis 46 des Schaltelementes 38 verlötet. Der Kreis 32 kann auch so ausgebildet werden, daß er an der Felge des Rades 16a befestigt ist. Dies wird noch später erläutert werden.

In Fig. 3a ist der Aufbau des Schaltelementes 38 genauer gezeigt. Die Druckdose 40 ist einstückig abgedeckt und hermetisch zwischen dem Deckel 44 und der Basis 46 abgedichtet. Vorzugsweise besteht die Druckdose 40 aus einer dünnen Membran, die auf die Basis 46 geschweißt ist, so daß ein Innenraum innerhalb der Membran festgelegt ist, der vom Außendruck bzw. von der Umgebung hermetisch abgeschlossen ist. An der Basis 46 sind einige Abstandshalter 50 befestigt. Der Deckel 44 wird auf der Oberseite der Druckdose 40 auf den Abstandhaltern 50 befestigt.

Innerhalb des Deckels 44 ist eine elektrisch leitende Feder 52 an einem Ende 54 befestigt. Sie stellt abhängig von der Lage der Membran elektrischen Kontakt mit der Oberfläche der Membran der Druckdose 40 über ihr nicht befestigtes auskragendes Ende 56 her. Die Feder 52 besteht vorzugsweise aus einem Stahldraht mit ungefähr 0,2 mm Stärke. Sie schließt den Schalter des Schaltelementes 38, wenn der Reifendruck einen Schwellwert erreicht.

In einer Ausführungsform schließt die Feder 52 einen Schaltkreis im Schaltelement 38. Ein Schließen des Schaltkreises im Schaltelement schließt den LC-Kreis 32 und aktiviert diesen. Somit hängt der Zustand des Schaltelementes 38 vom Reifendruck ab. Ist der Reifendruck bei oder nahe dem normalen Betriebsdruck, beispielsweise bei 30 p.s.i., ist die Membran der Druckdose 40 zusammengedrückt, wodurch der Kontakt 42 geöffnet ist. Sinkt der Reifendruck jedoch auf einen niedrigen Wert, beispielsweise unter 15 p.s.i., hebt sich die Membran der Druckdose 40, wodurch

das freie Ende 56 der Feder die Membran der Druckdose 40 kontaktiert und die Kontaktstelle 42 schließt, wodurch der LC-Kreis 32 geschlossen ist.

In Fig. 3b ist ein alternatives Schaltelement 38' gezeigt. Es besteht aus den gleichen Bauteilen wie das Schaltelement 38 und hat weiter ein nichtleitendes Gehäuse 51, das den Deckel 44' und die Basis 46' voneinander isoliert. Ansonsten ist Aufbau und Funktion wie beim Schaltelement 38. Das Schaltelement kann somit verschiedenartig aufgebaut sein.

Die LC-Kreis 32 kann aus einer dünnen Metallfolie aufgebaut sein, die einen offenen Ring bildet. Die Folie bildet einen LC-Kreis mit den notwendigen Eigenschaften und umfaßt die Spule 34 und den Kondensator 36. Beide Enden des Ringes sind direkt mit dem Schaltelement 38 verbunden. Durch diese Konstruktion der Schaltung erreicht man günstige Herstellkosten ohne Leistungsfähigkeit zu verlieren.

Anhand der Fig. 2, 4 und 5 wird nun der Aufbau eines Empfängers 20a beschrieben. Die anderen Empfänger 20b mit 20d sind hinsichtlich Aufbau und Funktionsweise identisch. Der Empfänger 20a wird von der Batterie 60 des Fahrzeuges mit Energie versorgt. Der Empfänger 20a hat Spulen 62, 64 (vgl. Fig. 4), die jeweils mehrere Wicklungen 66, 68 (vgl. Fig. 5) haben. Der Empfänger 20a hat weiter einen Verstärker 70 (vgl. Fig. 4), der zusammen mit den Spulen 62, 64 einen Schwingkreis bildet, dessen Eigenschaften von der gegenseitigen Ausrichtung der Spulen 62, 64 abhängen. Jede Schleife 66 der Spule 62 wirkt mit einem entgegengerichteten Fluß zusammen, der vom Strom durch die Spule 46 erzeugt wird, wenn sie von der Batterie 60 bestromt werden (vgl. Fig. 5). Ebenso wirkt jede Schleife 68 der Spule 64 mit der Spule 62 zusammen. Da sie mit dem Verstärker 70 verbunden sind (vgl. Fig. 4) können die Spulen 62, 64 in ihrer gegenseitigen Wirkung so eingestellt werden, daß sie positive, negative oder keine Rückkopplung zur Folge haben.

Da, wie in Fig. 6 noch einmal verdeutlicht ist, die gesamte Rückkopplung – ob positiv, negativ oder Null –, von der gegenseitigen Ausrichtung und Ausbildung der Spulen 62, 64 abhängt, kann die gewünschte Rückkopplung eingestellt werden, indem der Winkel der gegenseitigen Lage der Spulen beim Einbau der Spulen am Antriebsstrang des Kraftfahrzeuges geeignet gewählt wird. Die Spulen 62, 64 werden am Antriebsstrang in einem Winkel α zueinander befestigt. Dies geschieht mit Hilfe eines Abstimmmechanismus 72, der zwischen den Spulen und dem Aufnehmer angeordnet wird. Dieser Abstimmmechanismus 72 ist vorzugsweise ein kleines Folienstückchen. Die Spulen 62, 64 können damit abgestimmt werden, indem die Folie mehr oder weniger nahe an der Spule 64 fixiert wird, bevor die Spulen 62, 64 endgültig befestigt werden. Nach Ausrichtung und Abstimmung der Spulen 62, 64 werden diese an der gefundenen Stelle fest angebracht. Vorzugsweise wird die Rückkopplung der Schaltung auf Null oder leicht negativ eingestellt, so daß kein Selbstaufschaukeln erfolgt und der Verstärker 70 als Kippschaltung fungiert.

Der Rückkopplungszustand der Schaltung wird jedesmal dann geändert, wenn sich der Aufnehmer 14a im Wirkabstand am Empfänger 20a vorbeidreht. Dies ist in Fig. 7a dargestellt und wird noch näher beschrieben werden.

Wie in Fig. 1 zu sehen ist, ist jeder Empfänger 20a durch geeignete Leitungen oder alternativ drahtlos an eine LED-Anzeige-Schnittstelle 80 angeschlossen. Diese Schnittstelle 80 liegt vorzugsweise im Fahrgastraum des Kraftfahrzeuges. Sie zeigt den gegenwärtigen Zustand jedes Reifens 16a-16d dem Fahrer an. Dabei kann die Schnittstelle 80 vier Licht emittierende Dioden (LED) 83a-d aufweisen, für jeden Reifen eine. Für ein Fahrzeug mit mehr als vier Rädern sind natürlich entsprechend mehr LED vorzusehen. Sie können am Armaturenbrett geeignet angebracht sein. Vorzugs-

weise leuchten sie nur, wenn der Reifendruck eines Reifens entweder einen zugelassenen Maximalwert bzw. einen Mindestschwellwert über- bzw. unterschreitet.

In Fig. 8 ist der Schaltplan eines der Verstärker 20 mit Bezugszeichen 90 genauer dargestellt. Die Spule 62 und ein Eingangskondensator 92 bilden die Eingangsschaltung, die zur Verstärkung der Empfindlichkeit bei der Resonanzfrequenz des im Rad angeordneten Aufnehmers 14a bemessen ist. Zur Signalverstärkung wird ein Operationsverstärker 94 verwendet, dessen Verstärkungsfaktor mittels der Widerstände 96, 98 eingestellt ist. Mittels des Verstärkers 100 wird eine zusätzliche Stromverstärkung erreicht, so daß sich aus diesen beiden Verstärkungen die Gesamtverstärkung des Empfängers 90 ergibt. Im einzelnen ist das am Kollektor des Transistors T2 abgegriffene Ausgangssignal so eingestellt, daß es Null ist, wenn die gegenseitige Verschiebung der Spulen L1 und L2 so ist, daß sie keine Rückkopplung haben. Durch Verschiebung dieser Spulen L1 und L2 gegeneinander, kann entweder negative oder positive Rückkopplung eingestellt werden. Bei positiver Rückkopplung liegt am Empfänger 90 ein Signal am Ausgang an. Bei negativer Rückkopplung ist der Ausgang weiterhin Null. Das heißt, der Ausgang des Operationsverstärkers 94 ist größer "1", wenn folgender Zustand vorliegt: $K\beta > 1$, wobei $K = K_1 \cdot K_2$ ist, mit K_1 als Verstärkung des Operationsverstärkers 94, K_2 als Verstärkung des Transistors 100 und β als gegenseitigem Koeffizient der Spulen 62, 64. Diese Variable β hängt von der Lage der Spulen 62, 64, ihren Wicklungen sowie ihrer Größe ab.

Zur endgültigen Abstimmung wird bei konstantem $K\beta$ so eingestellt, daß $K\beta < 1$, indem die gegenseitige Lage der Spulen L1 und L2 verändert wird.

Weiter fungiert ein von dem Transistor 103 gebildeter Kaskadenverstärker 102 als Pulsdetektor für den Operationsverstärker 94. Die weiteren in Fig. 8 dargestellten Bauteile dienen zum Gleichspannungsabgleich.

Fig. 10 zeigt einen vereinfachten Schaltplan einer bevorzugten LED-Schnittstelle 80. Die Schnittstelle 80 besteht aus vier NAND-Logikgattern 104a-d, die von Eingängen 106a-d angesteuert werden, die mit den Ausgängen der Empfänger 90 für die entsprechenden Reifen 16a-16d verbunden sind. Die zweiten Eingänge 108a-d sind mit einem freilaufenden Schwingkreis 110 verbunden. Der Schwingkreis 110 gibt eine Rechteckschwingung mit einer Frequenz zwischen beispielsweise 0,33 und 0,5 Hz aus. Liegt der Reifendruck in jedem Reifen 16a-16d nahe dem normalen Betriebsdruck, sind die Eingänge an die logischen NAND-Gatter 104a-d eine logische "0". Dadurch sind die Ausgänge der gepufferten Invertierer 112a-d die jeweils an die Ausgänge der NAND-Gatter 104a-d angeschlossen sind, ebenfalls logisch "0". Dann leuchten alle LED 83a-d. Die LED-Schnittstelle 80 kann weiter ein akustisches Warnsignal über einen Zähler 114 und einen entsprechenden Transistor 115 geben. Ein zweiter Schwingkreis 116 dient als Pulsgenerator. Zwei Invertierer 117, 118 verbinden den Schwingkreis 116 mit einer akustischen Warneinrichtung, beispielsweise einem Summer 119.

Nun wird die Arbeitsweise der Reifendruck-Überwachungsanlage dieses ersten Ausführungsbeispiels erläutert. Grundsätzlich basiert die Funktion der Reifendruck-Überwachungsanlage auf gegenseitiger Interferenz, die zwischen zwei elektromagnetischen Feldern entsteht, welche von den Spulen 62 und 64 des Empfängers 90 und der elektromagnetischen Kopplung zum LC-Kreis 32 des Aufnehmers 14a-14d erzeugt werden, welche innen oder außen an jedem Reifen 16a-16d befestigt ist. Ist der Kreis 32 abhängig vom abgefüllten Reifendruck geschlossen und aktiviert und im Wirkabstand zu den Spulen 62, 64 des Empfängers 90 ge-

dreht, schwingt der Empfänger 90 mit einer Frequenz, die von der Eigenfrequenz des Kreises 32 abhängt. Das Vorzeichen in der Rückkopplung zwischen den Spulen 62 und 64 wechselt dadurch von Minus nach Plus. Form und Amplitude der Schwingung hängen natürlich vom Grad der Rückkopplung, von der Ausbildung der Spulen und der Verstärkung des Verstärkers 70 ab (vgl. Fig. 4).

Ist der Kreis 32 durch die Drehung des Reifens in Wirkabstand zum Empfänger 90 gedreht, und geöffnet bzw. nicht leitend, so tritt keine Schwingung auf. Ist der Kreis 32 geschlossen, erzeugt der Operationsverstärker 70 eine schwingende Ausgangsspannung, wenn die Spulen 34, 62 und 64 zueinander ausgerichtet sind. Die Frequenz dieser oszillierenden Spannung entspricht der Eigenfrequenz des Kreises 32. Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers 70 ist bei 120 in Fig. 9A als Zeitreihe gezeigt. Die Ausgangsspannung des Empfängers 90 bei 122 als Zeitreihe in Fig. 9B.

Liegt beispielsweise der Reifendruck des Reifens 16a unter einem unteren Grenzwert, wodurch das Schaltelement 38 geschlossen ist, wird eine logische "1" vom Empfänger 90 ausgegeben und dem Eingang 106a des NAND-Gitters 104 zugeführt (vgl. Fig. 10). Durch diese logische "1" blinkt die LED 83a mit der Frequenz des Schwingkreises 110.

Der zweite Schwingkreis 116 kommt dann ins Spiel, wenn die logische "1" am Eingang 106a anliegt. Dann erzeugt der Schwingkreis 116 Impulse mit einer hörbaren Frequenz. Diese werden über die zwei Invertierer 117, 118 dem Schaltungsausgang zugeführt, wodurch ein hörbares Warnsignal entsteht, beispielsweise durch den Summer 119.

Gleichzeitiges Blinken LED 83a und Summen des Summers 119 bewirkt, daß der Zähler 114 aktiviert wird und die vom Schwingkreis 116 kommenden Impulse mitzählt. Hat der Zähler 116 2n-1 Pulse gezählt, wird sein Ausgang beim 2nten den Puls eine logische "1". Diese wird einem Transistor 115 zugeführt, der daraufhin leitend wird und den Ausgang des Invertierers 118 kurzschließt, wodurch das hörbare Alarmsignal vom Summer 119 abgeschaltet wird. Der 2n-Ausgang wird darüber hinaus dem EN-Eingang des Zählers 114 zugeführt, so daß dieser nicht mehr weiter zählt. Ab diesem Zeitpunkt warnt den Fahrer nur eine dauerhaft blinkende LED 83a, daß der Reifendruck des Reifens 16a zu niedrig ist. Diese Kombination aus hörbarem und optischem Warnsignal wiederholt sich jedesmal, wenn die Brennkraftmaschine gestartet wurde, und der hörbare Alarm wird nach der durch den Zähler 114 vorbestimmten Zeitdauer abgeschaltet, wie oben erläutert.

2. Ausführungsform

In den Fig. 11 mit 14 ist eine zweite Ausführungsform dargestellt, die eine kontinuierliche Überwachung des Reifendrucks der Reifen eines Kraftfahrzeuges leistet. Dabei wird eine sehr genaue digitale Ausgabe des aktuellen Reifendrucks eines jeden Reifens gegeben. Die zweite Ausführungsform ähnelt in Aufbau und Funktion der oben beschriebenen ersten Ausführungsform und ist im wesentlichen wie bei Fig. 1 aufgebaut, wobei jedoch die folgenden Unterschiede bestehen.

Die Meßaufnehmer der zweiten Ausführungsform sind an den Rädern 16a-16d befestigt und in den Fig. 11a und b mit 200 bezeichnet genauer dargestellt. Jeder Meßaufnehmer 200, 200' ist im Reifen befestigt und hat eine Wicklung 202, die im wesentlichen der Wicklung der Meßaufnehmer 14 der ersten Ausführungsform (Fig. 1) entsprechen. Die Kondensatoren 204 unterscheiden sich jedoch von den Kondensatoren der Meßaufnehmer 14 dadurch, daß ihre Kapazität eine Funktion des Reifendrucks ist: $C = f(P)$, wobei C die Kapazität und P der Reifendruck ist.

Der in Fig. 11A dargestellte Kondensator 204 besteht aus einer dünnen Metallfolie 206 mit einem Dielektrikum 208. Das Dielektrikum 208 besteht aus einem elastischen Material, z. B. festem Kautschuk, der reversibel verformbar ist. Das Dielektrikum nimmt also nach einer Verformung wieder die ursprüngliche Form an.

Der Kondensator 204 hat eine erste Seite 209, die zusammen mit der Spule 202 durch Vulkanisation wie bereits beschrieben an der Innenwand des Reifens befestigt ist, oder an der Felge wie erwähnt angebracht ist. Eine zweite Seite 210 des Kondensators 204 ist sehr empfindlich auf den Reifendruck. Der Kondensator 204 wird mit wachsendem Reifendruck komprimiert, wodurch das Dielektrikum 208 komprimiert wird. Mit dessen Kompression nimmt die Kapazität des Kondensators 204 zu. Umgekehrt nimmt die Kapazität des Kondensators 204 zu, wenn der Abstand zwischen den Kondensatorseiten 209 und 210 mit abnehmendem Reifendruck wächst.

Fig. 11B zeigt einen alternativen Aufbau des Aufnehmers 200'. Er hat einen Kondensator 204', der ein dünnwandiger zylindrischer Kondensator mit einem zylindrischen Gefäß 206' aus einem starken Dielektrikum ist, beispielsweise besteht er aus mit einem Leitfilm beschichtetem Nylon. Ein Ende 208' des Zylinders ist hermetisch von der Luft des Reifens abgeschlossen. Das andere Ende 210' des Zylinders ist zur Luft des Reifens hin offen. Das zylindrische Gefäß 206' ist mit einer Paste 212' oder alternativ mit einem nichtleitenden hochviskosen Öl gefüllt. Beide sind elektrisch leitend. Bei Verwendung einer leitenden Paste sollte diese ausreichende zwischenmolekulare Kräfte oder Zähigkeit haben, um eine Verteilung der Paste während der Rotation des Rades zu verhindern. Der Kondensator 204' hat einen ersten Abschluß 218', der das erste Ende an die Schaltung anschließt und einen zweiten Anschluß 216', der aus einer dünnen Lage leitenden Metalls besteht, das auf der zylindrischen Fläche des Gefäßes abgeschieden ist. Er ist an das zweite Ende der Schaltung angeschlossen. Der Druck des Rades stellt sich durch die Öffnung 210' auch im Zylinder ein und verschiebt die Paste 216' durch Komprimierung der Luft 218' im Zylinder 206', wodurch sich die Kapazität des Kondensators 204' entsprechend ändert. Die Resonanzfrequenz des Meßaufnehmers 200' ist somit abhängig vom Luftdruck im Reifen.

In den Fig. 12A mit 12B sind elektrische Schaltbilder bzw. Zeitreihen von Signalen eines Empfängers für die Aufnehmer 200 oder 200' dargestellt. Der Empfänger 220 ist wie der Empfänger 20 der Fig. 1 angebracht. Dreht sich der Reifen, erzeugt der passive Aufnehmer 200 eine Störung des elektrischen Feldes zwischen den Spulen 230 und 232 des Empfängers 220, die eine Funktion des Reifendruckes ist. Der Empfänger 220 ist dauerhaft an der Radaufhängung nahe des Aufnehmers 200 befestigt. Er liegt nahe der Reifenflanke 30. Jedesmal wenn der Aufnehmer 200 bei einer Umdrehung des Reifens an den Spulen durchläuft, entsteht ein Zug mit Rechteckpulsen mit der Resonanzfrequenz des LC-Kreises des Aufnehmers 200. Eine Zeitreihe dieser Pulse ist mit 232 in Fig. 12B dargestellt. Die Zeitdauer jedes Pulszuges t_{n1} , t_{n2} , t_{n3} hängt von der Fahrzeuggeschwindigkeit ab.

In Fig. 12A ist ein Schaltplan zur Veranschaulichung des Zusammenwirkens zwischen Meßaufnehmer und Empfänger dargestellt. Der Unterschied zur ersten Ausführungsform liegt darin, daß ein Transistor 234 als Stromschalter starke Strompulse für die LED-Schnittstelle 80 erzeugt. Die weiteren Bauteile des Empfängers 220 entsprechen denen des bereits beschriebenen Empfängers 90.

Wie bereits erwähnt ist die Schwingungsfrequenz des Ausgangssignals des Empfängers 220 gleich der Resonanz-

frequenz des Aufnehmers, die schematisch in Kurve 233 in Fig. 12B gezeigt ist.

Fig. 13 zeigt den Zusammenhang zwischen Schwingungsperiode T des Signals am Ausgang des Empfängers 220 und dem Reifendruck bei konstanter Induktivität der Spule 202 (vgl. 11a, 11b). Die Kurve ist über einen großen Druckbereich betrachtet nichtlinear. Innerhalb eines Arbeitsbereiches zwischen 15 und 20 p.s.i. ist die Kurve doch innerhalb einer 5%-Toleranz linear. Die lineare Approximation ist durch die Gerade 242 gegeben und zeigt die lineare Charakteristik, mit der die Kurve 244 angenähert werden kann.

Fig. 15 zeigt ein Blockschaltbild der gesamten Anlage zum Abfühlen und Anzeigen des aktuellen Reifendruckes eines jeden Reifens gemäß der zweiten Ausführungsform. Es sind nur je drei Aufnehmer und Empfänger dargestellt, natürlich sind für ein vierrädriges Fahrzeug je vier Aufnehmer 200a-d und Empfänger 220a-d vorzusehen. Die Aufnehmer 200a-c sind mit entsprechenden Empfängern 220a-c gekoppelt. Durch die Raddrehung erzeugt die wiederkehrende Kopplung zwischen den Aufnehmern 200 und den Empfängern 220 und damit einen Pulszug am Ausgang des Verstärkers 220, wie er in Fig. 12B dargestellt ist. Die Dauer der Pulsperiode des Ausgangssignals am Ausgang 230a des ersten Empfängers 220a hängt von der Resonanzfrequenz f_{p1} des Aufnehmers 220a folgendermaßen ab: $T_1 = 1/f_{p1}$. Die Periodendauer der Pulse am Ausgang 230b des zweiten Empfängers 220b hängt von der Resonanzfrequenz f_{p2} der Schaltung des zweiten Aufnehmers 200b ab, $t_2 = 1/f_{p2}$. Ähnliches gilt für den Aufnehmer 200c. Die Ausgänge 230a-c der Empfänger 220 sind mit den Eingängen 232a-c von A/D-Wandlern 234a-c verbunden. Die A/D-Wandler 234a-c wandeln die Zeitdauer einer oder mehrerer Perioden in einen seriellen Datenstring um, der von einem Mikroprozessor 336 eingelesen werden kann. Dieser Datenstring wird in einem Speicherbaustein 238 gespeichert, bis ein neuer Datenstring vom nächsten Durchlauf des gleichen Rades erzeugt wird und den ersten ersetzt. Alle Wandler arbeiten auf die gleiche Weise. Dadurch wird am Ausgang jedes A/D-Wandlers 234a-c ein Wert für den aktuellen Reifendruck gespeichert.

Fig. 15 zeigt ein Funktionsblockdiagramm des A/D-Wandlers 234a der Fig. 14. Dieser wird hier als Beispiel beschrieben. Der A/D-Wandler 234a hat einen Eingang 240 und einen Detektoreingang 242. Am Detektoreingang 242 sind an den Spitzendetektor 246 ein Zähler 244 und ein Verstärker angeschlossen. Zwei Signalinvertierer 248, 250 sind an Differentialschaltungen 252 und 254 angeschlossen. Der Ausgang dieser Differentialschaltung 252 ist an einen Enable-Ausgang eines Speicherregisters 280 angeschlossen. Wird am Ausgang des Invertierers 248 der letzte Pulszug detektiert, werden die Pulszüge vom Ausgang in das Speicherregister 280 eingelesen. Der Ausgang des Verstärkers 254 ist an einen Eingang eines RS-Triggers 256 angeschlossen, der wiederum den Zähler 244 bei Auftreten des nachfolgenden Zustandes zurücksetzt. Ein zweiter Zähler 270 ist sowohl mit dem ersten Zähler 244 als auch mit einem Quarzschwingkreis 274 verbunden und kann einen Eingang des Speicherregisters 280 wahlweise freischalten, wie noch erläutert werden wird.

Fig. 16 zeigt Zeitreihen von Spannungen, die an verschiedenen Knoten der Anlage abgegriffen wurden. Dem A/D Wandlereingang 240 wird ein Impulszug mit Zeitdauer t_n zugeführt. Die Zeitreihe dieses Signals am Eingang des A/D Wandlers 234 ist in Fig. 16 mit A dargestellt und wird am Knoten A der Fig. 15 eingespeist. Die Signale werden dem Eingang 242 des Detektors 246 und dem Takteingang (C1) des ersten Zählers 244 zugeführt. Die Eingangsspannung

am Detektor ist in Fig. 16 mit B bezeichnet, der zugehörige Knoten in Fig. 15 mit B. Nachdem die Signale vom Spitzendetektor 246 verstärkt und von den zwei Invertierern 248, 250 geformt wurden, wird die vordere Flanke der Pulse mittels der Differenzierschaltungen 252, 254 differenziert. Der Ausgang der Differenzierschaltung 252 wird in den Trigger 256 eingespeist, wodurch dieser auf eine logische "0" zurückgesetzt wird. Die Ausgangsspannung des Triggers 256 ist in Fig. 16 mit E bezeichnet, der zugehörige Knoten in Fig. 15 mit E. Sobald der Ausgang des Triggers "0" wird, beginnt der erste Zähler 244 die vom Verstärker 220a ankommenden Pulse zu zählen.

Die Spannungszeitreihen der Ausgangsregister $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4$ des Zählers 244 sind mit F in Fig. 16 bezeichnet, die entsprechenden Knoten in Fig. 15 mit F. Der 2^3 -Ausgang des ersten Zählers 244 wird in den "Enable" Eingang des zweiten Zählers 230 eingespeist. Gleichzeitig wird die vordere Flanke des Pulses, der zuvor in den zweiten Eingang "R" des Zählers 270 eingespeist wurde, von der RC-Schaltung 272 differenziert. Die vordere Flanke des ankommenden Pulses stellt alle Ausgangsregister des zweiten Zählers 270 auf "0" zurück. Gleichzeitig wird der Eingang C1 des zweiten Zählers 270 durch den Quarzschwingkreis 274 gespeist, wodurch der zweite Zähler 270 beginnt Impulse zu zählen. Das Zählen dieser Impulse ist in Fig. 16 mit G als Zeitreihe dargestellt, die entsprechenden Abgreifknoten sind in Fig. 15 mit G bezeichnet. Diese Zählung wird durchgeführt, bis der "Enable"-Eingang des zweiten Zählers 270 eine logische "1" erhält. Sobald eine logische "0" am 2^3 -Ausgang des zweiten Zählers 270 festgestellt wird, beendet dieser das Zählen. Gleichzeitig mit dem Feststellen einer logischen "1" am 2^4 -Ausgang des ersten Zählers 244, wird der RS-Trigger zurückgesetzt; zu diesem Zeitpunkt wird der Ausgang E zu "0" und alle Ausgänge des ersten Zählers 244 werden auf "0" gestellt. Die Zahl der vom zweiten Zähler 270 gezählten, vom Quarzschwingkreis 274 erzeugten Pulse, die in Fig. 16 in der Zeitreihe G dargestellt sind, bleibt unverändert, bis ein zweiter Pulszug vom Empfänger 220a ankommt. Dieser Pulszug hat die Zeitdauer t_{d2} . Mit dem Ende des ersten Pulszuges vom Verstärker 220 wird die fallende Flanke des letzten Pulses am Eingang des Detektors 246a vom Differenzierer 254 differenziert. Dieser in der Zeitreihe D in Fig. 16 dargestellte und an Punkt D der Fig. 15 abgreifbare Puls stellt einen Schreibbefehl für alle Ausgaben des Zählers 270 dar, die am Ausgaberegister 280 anliegen. Wird der zweite Pulszug mit der Zeitdauer t_{d2} am Eingang des Invertierers festgestellt, beginnt oben beschriebener Vorgang von neuem.

Durch dieses Vorgehen mittelt der Invertierer aus jedem Pulszug, der vom Verstärker 220 ankommt, die Zeitdauer, beispielsweise die Zeitdauer F des 2^3 -Ausgangs des ersten Zählers 244, der der achtfachen Periode der Eingangsfrequenz des Verstärkers 220a entspricht. Danach wandelt der Invertierer das Zeitintervall am 2^3 -Ausgang in einen Binärcode N um, der proportional zur umgewandelten Pulsdauer ist. Dieser Binärcode wird im Ausgaberegister 280 gespeichert. Um die Genauigkeit zu vergrößern, kann man diese Wandelung mit einem zufällig gewählten Zeitintervall durchführen, die ein Produkt von n-Pulsen der eingegebenen Frequenz ist. Dadurch kann man gesteigerte Genauigkeit und geringere Abweichungen erreichen, indem entweder die Dauer der gebildeten Zeitintervalle verlängert wird, oder die Frequenz des Schwingkreises 274 erhöht wird, mit dem das Zeitintervall gemessen wird.

Wie in Fig. 14 zu sehen ist, werden die digitalen Daten von den Ausgängen der Invertierer von einem Mikroprozessor 236 weiterverarbeitet. Der Mikroprozessor 236 ist mit dem programmierbaren Speicher 238 über einen Datenbus

232, einen Adreßbus 284 und einen Steuerbus 286 verbunden. Der Steuerbus 286 dient dazu, Steuerbefehle zur Synchronisierung und Flußrichtungssteuerung zwischen den Teilen der Schaltung der Fig. 14 zu bewirken. Um die Leistungsfähigkeit der Invertierer zu verbessern, sind Pufferverstärker 288a-c vorgesehen. Darüber hinaus kann es erforderlich sein, daß der Steuerbus 286 ebenfalls Pufferverstärker hat (nicht dargestellt). Alle Pufferverstärker sollten mit Ausgängen ausgerüstet sein, die drei Zustände annehmen können.

Der Speicher 236 ist über ein Schreibbefehlste 290 und eine Löschbefehlste 292 programmierbar. Beide Tasten liegen nahe einem berührungsempfindlichen Display 294, das Zahlen zwischen Null und Neun anzeigen kann, und der eine (nicht dargestellte) Rückstell-, sowie eine Einstelltaste hat. Die Schnittstelle kann die Drücke beliebiger Reifen anzeigen, wie beispielsweise 24 p.s.i. für den vorderen rechten Reifen 16a oder beispielsweise den auf einem zweiten Display mit Nummer 16 bezeichneten Reifen im Falle eines Lastkraftwagens. Das berührungsempfindliche Display 294 der Schnittstelle ist an den Datenbus 282 und den Kontrollbus 286 durch einen Analysator 296 und einen digitalen Schnittstellentreiber 298 angeschlossen.

Wird bei einem Kraftfahrzeug eine Reifendruck-Überwachungsanlage 10 nach der zweiten Ausführungsform eingebaut, kann der Fahrer die Reifendruck-Überwachungsanlage folgendermaßen initialisieren. Zuerst wird jeder Reifen auf 50 Prozent des vorgeschriebenen Drucks aufgepumpt. Dann aktiviert der Fahrer das Display 294, indem die Zahl berührt wird, die der zum Einstellen auszuwählenden Reifennummer entspricht. Danach betätigt er die Einstelltaste 290, um einen Schreibbefehl zu erzeugen. Daraufhin wählt der Mikroprozessor 236 den geeigneten Bus und trägt den vom Invertierer ankommenden Code in den Speicher 238 ein. Beispielsweise ist der erste Eintrag des 50 Prozent aufgepumpten Reifens A, dem wie in Fig. 17 dargestellt ist, der Wert $N1_{(1/2)}$ zugeordnet ist.

Danach wird der Reifen auf den Solldruck aufgepumpt und der neue Druckwert für B abgelegt. Durch Aufzeichnung des 50 Prozent und des voll aufgepumpten Wertes für alle Reifen sind Druckwerte im Speicher für jeden Fahrzeugreifen abgelegt. Diese Werte sind 50 Prozent des Solldruckes sowie Solldruck. Sie sind in Fig. 17 entsprechend den Punkten A und B mit $1/2P_{nom}$ und P_{nom} eingetragen. Ihnen entsprechen die Werte $N1_{(1/2)}$ und $N1_{(1)}$.

Beim Fahren, wenn sich die Reifen drehen, arbeitet der Mikroprozessor 236 folgendermaßen: zuerst erzeugt ein (in Fig. 14 nicht dargestellter) Taktpuls einen Lesebefehl für den ersten A/D Wandler 234a und bewirkt einen Schreibbefehl des dadurch erhaltenen Codes in den Speicher des Mikroprozessors 236. Danach vergleicht der Mikroprozessor 236 den aktuellen Codewert mit dem Code für $N1_{(1/2)}$. Ist der aktuelle Codewert niedriger als dieser Code, zeigt der Mikroprozessor die entsprechende Reifennummer und den Reifendruck an. Der Reifendruck des aktuellen Reifens ($N1, N2, \dots$) wird durch lineare Extrapolation zwischen den zwei bekannten Punkten A und B erhalten (vgl. Fig. 17). Ergab der Vergleich, daß der aktuelle Codewert über dem Code $N1_{(1/2)}$ liegt, wird am Display 294 keine Warnung dargestellt. Die anderen Reifen werden auf die gleiche Art und Weise überprüft.

Sobald alle aktuellen Reifendrucke nach einer Umdrehung der Reifen aufgezeichnet wurden, erfolgt die kontinuierlich Druckanzeige am Display 294. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn ein zu wenig Druck aufweisender Reifen ein bedeutendes Sicherheitsrisiko darstellt. So kann der Fahrer den Reifendruck kontinuierlich überwachen. Dazu muß er nur die Einstelltaste 290 am berührungsempfindli-

chen Display drücken und dieses zeigt gleichzeitig die entsprechende Reifenummer mit dem Reifendruck.

Die Rückstelltaste wird benötigt, um das Display 294 in den Automatikmodus der Überwachung zu schalten. Dadurch können die Schwellwerte mittels des Mikroprozessors 236 automatisch eingestellt werden.

3. Ausführungsform

Die Fig. 22 bis 30 beschreiben eine dritte Ausführungsform, die eine kontinuierliche Überwachung des Reifendruckes ermöglicht und dabei eine sehr exakte digitale Ausgabe des gemessenen Reifendruckes liefert. Diese dritte Ausführungsform ähnelt den ersten beiden, mit dem Unterschied, daß der verwendete Aufnehmer eine Veränderung der Induktivität zur Erzeugung des Meßsignals verwendet anstatt einer Veränderung einer Kapazität, wie es bei der zweiten Ausführungsform der Fall war.

Fig. 22 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Reifendruck-Überwachungsanlage der dritten Ausführungsform. Sie ist ebenso wie die in Fig. 1 gezeigte in das Fahrzeug eingebaut und weist einen passiven Aufnehmer 346 an der inneren Flanke 358 des Reifens 360 auf. Der Aufnehmer 356 besteht aus einem Resonanzkreis 362 mit einer Spule 364 und einem Kondensator 366 (vgl. Fig. 23) sowie einem Drucksensor 368. An der Radaufhängung ist ein Empfänger 370 so befestigt, daß er im wesentlichen konstanten Abstand L zum Aufnehmer 356 bzw. zur Umlauflinie des Aufnehmers 356 hat. Der Abstand L kann zwischen 0 und 18 cm liegen. Der Aufnehmer 368 im Reifen 360 wandelt den Reifendruck in eine Induktivitätsänderung der Spule 364 um. Natürlich kann der Aufnehmer 356 auch an der Felge 300 beispielsweise wie in den Fig. 18 und 20 gezeigt befestigt sein, was noch erläutert wird.

Fig. 23 veranschaulicht das physikalische Prinzip dieser dritten Ausführungsform. Der Empfänger 370 hat einen Verstärker 372 sowie eine erste Spulen 374 und eine zweite Spulen 376, die zueinander einen Winkel α einnehmen. Diese Ausrichtung der Spulen 374 und 376 bewirkt eine elektromagnetische Kopplung zwischen den Spulen. Sie sind als gewickelte Spulen auf einem relativ breiten Spulenträger gebildet. Dabei ist eine erste Reihe von Wicklungen auf den Spulenträger entlang dessen gesamter Breite aufgewickelt und nachfolgende Wicklungen laufen entlang der gesamten Breite über diese ersten Wicklungen. Die gewünschte Kopplung kann auch durch axiale Ausrichtung im wesentlichen flacher Spulen 374, 376 erreicht werden, wie es in Fig. 24 dargestellt ist. Dabei kann der axiale Abstand d ähnlich wie der Winkel α in Fig. 23 verändert werden, um die induktive Kopplung zwischen den Spulen 374 und 376 einzustellen. In der in Fig. 24 dargestellten Form sind die Spulen 374, 376 vorzugsweise ähnlich denen in Fig. 27 und 28 dargestellten aufgebaut, so daß sie spiralartige Spulenformen haben anstelle des breiten Spulenkörpers der Spulen, die in Fig. 23 dargestellt sind.

Die Spulen 374, 376 werden durch Variation des Winkels α oder des Abstandes d so ausgerichtet, daß im wesentlichen keine oder eine negative Rückkopplung entsteht, wodurch der Empfänger 370 "wartend" in einem nichtschwingenden Ruhezustand ist, wenn der Aufnehmer 356 nicht im Wirkabstand zum Empfänger 370 ist. Frequenz und Amplitude der Schwingungen des Verstärkers 372 hängen prinzipiell von seinem Verstärkungsfaktor und dem Grad der Rückkopplung der beiden Spulen 374, 376 sowie der Resonanzfrequenz des Aufnehmers 356 ab. Bringt man den Resonanzkreis 362 mit der Spule 364 und dem Kondensator 366 in Wirkabstand zu den beiden Spulen 374, 376, entsteht eine positive Rückkopplung und ein "aktiver" Schwingungszu-

stand, der von der Kopplungswirkung zwischen dem Resonanzkreis 362 und den zwei Spulen 374 und 376 abhängt, wie in Fig. 23 verdeutlicht ist.

Fig. 25a zeigt eine Leiterschleife 378 der Spule 374 und eine Leiterschleife 380 der Spule 376 mit den eingekoppelten Strömen 11 und 12. Sind die Leiterschleifen 374 und 376 unterschiedlich im Raum angeordnet, fließen die Ströme 11 und 12 in entgegengesetzte Richtungen, wie in Fig. 25b zu sehen ist. Fließen sie in die gleiche Richtung, entsteht am Verstärker 372 eine positive Rückkopplung. Fließen sie in entgegengesetzte Richtung, entsteht am Verstärker 372 eine negative Rückkopplung. Dies ist durch $\beta > 0$ bzw. $\beta < 1$ in den Figuren eingetragen.

Die Phase des Verstärkers 372 ist dann ausbalanciert, wenn Grad und Phase der negativen Rückkopplung und der positiven Rückkopplung gleich sind. Positive (oder negative) Rückkopplung kann erreicht werden, wenn Ausgang und Eingang des Verstärkers 372 mittels eines Widerstandes rückgekoppelt werden. Durch Wahl des Widerstandswertes kann eine negative (oder positive) Rückkopplung durch die Spulen 374, 376 kompensiert werden. Diese Spulen können wiederum so im Winkel α oder im Abstand d zueinander ausgerichtet werden, daß Grad und Phase der Rückkopplung einstellbar ist (vgl. Fig. 23 und 24). Ist die positive Rückkopplung durch den Widerstand größer als die negative Rückkopplung durch die beiden Spulen 374 und 376 ist der Verstärker 372 im "aktiven" Schwingungszustand. Ist die negative Rückkopplung gleich oder größer als die positive Rückkopplung, ist der Verstärker 372 im nichtschwingenden Ruhezustand, was in dieser Ausführungsform bevorzugt ist. Das heißt, die Rückkopplung kann durch Ausrichtung der Spulen 374 und 376 und durch Wahl des Widerstandswerts im Rückkopplungszweig entweder positiv oder negativ eingestellt werden. Der Widerstand justiert im wesentlichen nur die Empfindlichkeit auf Verzerrungen, nachdem Spulen 374 und 376 geeignet ausgerichtet wurden. Die Empfindlichkeit des Verstärkers 372 ist durch den Rückkopplungswiderstand bestimmt, der festlegt, wie stark die Phase positiv oder negativ verschoben wird. Die Ausrichtung der Spulen 374 und 376 bestimmen dagegen, wohin die Phase bei einer positiven oder negativen Rückkopplung verschoben wird.

Zur Feinabstimmung der Kopplung zwischen den beiden Spulen 374 und 376 kann wie in Fig. 23 zu sehen und bereits anhand von Fig. 6 beschrieben ein dünner Metallstreifen 382 verwendet werden. Durch Änderung der Lage des Metallstreifens 382 kann das gegenseitige elektromagnetische Feld der zwei Spulen 374 und 376 geändert werden, so daß sich eine stärkere oder schwächere Kopplung zwischen den Spulen 374 und 376 ergibt. Durch diesen Metallstreifen 382 kann die elektromagnetische Kopplungswirkung zwischen den Spulen 374 und 376 vergrößert oder vermindert werden, um den Verstärker 370 bei oder nach der Produktion abzugleichen. Dasselbe Vorgehen kann auch verwendet werden, um die Empfindlichkeit des Verstärkers 320 auf den Aufnehmer 362 im Wirkabstand zum Empfänger 370 einzustellen. Ist der Verstärker 372 im Ruhezustand, d. h. ist seine positive Rückkopplung durch die induzierte negative Rückkopplung kompensiert, kann der Resonanzkreis 362, wenn er im Wirkabstand und auf die Eigenfrequenz des Verstärkers eingestellt ist, das Phasengleichgewicht des Verstärkers 372 verschieben und eine Schwingung erzeugen, deren Amplitude und Frequenz von der Gesamtimpedanz des Resonanzkreises 362 abhängt. Das heißt, eine den Druck in eine Induktivitätsänderung des Resonanzkreises 364 umwandelnde Druckdose 368 kann dazu verwendet werden, das Phasengleichgewicht des Empfängers 370 zu ändern und somit die Induktivitätsänderung zu übertragen.

Dieses Vorgehen ist im Blockschaltbild der Fig. 26 zusammengefaßt. Der Aufnehmer 356 wandelt den Druck P. Dazu wird dieser Druck P (Block 382) von der Druckdose 368 in eine Änderung der Induktivität L der Spule 364 umgesetzt (Block 384). Dadurch wird die Resonanzfrequenz F des Resonanzschwingkreises 362 verändert (Block 386). Diese geänderte Resonanzfrequenz beeinflusst die Phase der Rückkopplung zwischen den beiden Spulen 374 und 376 des Empfängers 370, der sich im Abstand L befindet. Dadurch wird der Schwingungszustand des Verstärkers 372 geändert, was gemessen und mit dem aktuellen Druck korreliert werden kann.

In Fig. 27A und 27B ist der passive Aufnehmer 356 der dritten Ausführungsform genauer dargestellt. Er benötigt ebenfalls keine Energieversorgung. Er besteht aus einer festen isolierenden Basis 388 mit einer leitenden Oberfläche 390. Eine dünne metallfederartige oder elastische Membran 392 ist auf die Basis 388 gelötet oder geklebt, so daß eine hermetisch abgeschlossene Luftkammer 394 entsteht, in der Luft bei Umgebungsdruck ist. An der Innenfläche der Membran 392 ist ein kleines rechtwinkliges Ferritstück 396 befestigt, das hohe Permeabilität aufweist. Ein Hufeisenferritmagnet 398 ist fest an der Basis 388 angebracht und ebenfalls gegenüber der Kammer 394 abgedichtet. Eine flache Spule 346 mit vier Wicklungen mit einem Durchmesser zwischen 3,5 und 5,5 cm ist an der Außenseite der Basis 388 befestigt und läuft zwischen der Basis 388 und dem Hufeisenmagnet 398 durch. An die Spule 364 ist wie in Fig. 27 dargestellt ein Kondensator 366 angeschlossen. Somit ist eine Spule 364 mit einem ferromagnetischen Kern vorgesehen, der von den Ferritteilen 396, 398 gebildet werden, die einen veränderlichen Spalt G zueinander haben, welcher vom Druck P, welcher auf die Membran 392 wirkt, abhängt. Ändert sich der Druck P auf den Aufnehmer 356, wird die Membran 392 wie in Fig. 27 dargestellt, nach unten gedrückt, wodurch sich der Spalt G verringert. Der Aufnehmer 356 ist sehr empfindlich auch auf geringe Änderungen des Spaltes G in der Größenordnung weniger μm , die die Induktivität L der Spule 342 um 300 bis 900% ändern können. Vorzugsweise ist die Druckdose so eingestellt, daß die Änderung des Spaltes G zwischen 0 und 500 μm liegt. Die starke Induktivitätsänderung ergibt sich durch die hohe Permeabilität der Ferritteile 396 und 398, die in der Größenordnung von ca. 10.000 liegt.

In den Fig. 28A und 28B ist eine Abwandlung des Aufnehmers 356 mit 356' bezeichnet dargestellt. Der Unterschied liegt darin, daß zwei Hufeisen-Ferritteile 400 und 402 eine Spule 364 einschließen. Zwischen den beiden Ferritteilen 400 und 402 ist im Spalt G ein druckempfindliches Gummischaummaterial 404 angeordnet, das viele Mikrokapazitäten hat, in denen Luft unter normalen Atmosphärendruck eingeschlossen ist. Wird ein externer Druck P ausgeübt, schrumpft das Material 404, wodurch sich der Spalt G zwischen den Ferritteilen 400 und 402 ändert. Auch hier bewirkt eine kleine Änderung des Spaltes G eine große Änderung der Induktivität L der Spule 364.

Für beide Aufnehmerbauweisen, die in den Fig. 27 und 28 dargestellt sind, ändert sich die Induktivität der flachen Spule 334 folgendermaßen:

$$L = (w^2 \mu_i) / R_b \quad (1),$$

wobei w die Zahl der Wicklungen der flachen Spule 364 ist, μ_i die Länge des Spulenabschnittes, der vom ferromagnetischen Kern abgedeckt ist, und R_b der magnetische Widerstand des Luftspaltes G ist. Letzterer kann durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$R_b = 80000000 G / (S_2 \mu_0) \quad (2).$$

Dabei ist S_2 der Querschnitt des Ferritkerns und μ_0 dessen Permeabilität.

5 Faßt man die Gleichungen (1) und (2) zusammen, ergibt sich die Induktivität L zu

$$L = w^2 \mu_i S_2 \mu_0 / (80000000 G) \quad (3).$$

10 Diese Formel zeigt, daß auch sehr schmale Änderungen des Spaltes G eine große Änderung der Induktivität L bewirken. Kombiniert man das mit der bekannten Gleichung für die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises 362, erhält man den Zusammenhang zwischen Resonanzfrequenz und Spaltänderung:

$$F = 1 / (2\pi \sqrt{LC}) = 1 / (2\pi \sqrt{w^2 \mu_i S_2 \mu_0 / (80000000 G)}) \quad (4)$$

In den Fig. 29 und 30 ist der Empfänger 370 zusammen mit der digitalen Anzeigeschnittstelle 406 zusammen mit entsprechenden Zeitreihen dargestellt. Der Empfänger 370 hat einen zweistufigen Verstärker 372 mit einem ersten Operationsverstärker 408 sowie einem zweiten Operationsverstärker 410. Die Widerstände R1, R2, R3 und R4 legen die Verstärkung sowie die Rückkopplungsempfindlichkeit der zwei Verstärkerstufen fest. Sie bilden den Rückkopplungszweig. Eine Spule L1 und ein Kondensator C1 bilden einen Eingangsresonanzkreis. Eine Spule L2 ist über einen stromverstärkenden Transistor T1 an den Ausgang des zweiten Operationsverstärkers 410 angeschlossen. Widerstände R5 und R6 stellen den Gleichstrompegel durch die Operationsverstärker 408 und 410 ein und fungieren als Spannungsteiler. Widerstände R7 und R10 stellen zusammen mit dem Kondensator C2 den Modus ein und spannen den Transistor T1 vor.

35 Läuft der Aufnehmer 346 mit dem druckempfindlichen Ferritkern durch oder in das elektromagnetische Feld der zwei Spulen L1 und L2 des Empfängers 370 wird am Knoten A der mit A bezeichnete Kurvenzug erhalten. Es handelt sich dabei um Rechteckschwingungen. Deren Schwingungsfrequenz hängt vom gemessenen Druck; die Dauer dieser Schwingung von der Reifendrehgeschwindigkeit ab. Diese Rechteckschwingungen werden der digitalen Anzeigeschnittstelle 406 zugeführt, die die analogen Messungen in digitale Werte umsetzt. Dazu werden die Rechteckschwingungen zuerst einem Pulsformer 412 zugeführt, der ein bezüglich Frequenz und Tastverhältnis einstellbarer Funktionsgenerator ist, und dem der Ausgang eines Pulsdetektors 414 zugeführt wird. Der Pulsformer 412 bildet digitale Pulse, die von einem Zähler 416 gezählt werden, der von einem Quarzschwingkreis 418 über einen Pulsformer 420 betaktet wird. Der vom Pulsdetektor 414 ausgegebene Wellenzug ist in Fig. 30 in der Zeitreihe B dargestellt. Ein Schalter 322 schaltet den Pulsformer 412 ein.

55 Ein programmierbarer Speicher 424 speichert eine Tabelle für den Zusammenhang zwischen Frequenz und digitalem Wert des gemessenen Drucks. Am Ausgang 426 des Pulsformers 412 liegt der in Fig. 30 mit C bezeichnete Rechteckwellenzug an, der die Breite einer Periode des in A dargestellten Wellenzugs am Ausgang des Empfängers 370 hat. Anhand dieses Wellenzugs kann der Zähler 416 verläßlich die Frequenz auszählen, wie im Wellenzug D der Fig. 30 gezeigt ist. Mit bzw. nach der fallenden Flanke am Ausgang 426 werden zwei zusätzliche Pulse erzeugt. Zuerst wird am Ausgang 426 des Pulsformers 412 der mit E in Fig. 30 bezeichnete Puls und danach am Ausgang 430 der mit F in Fig. 30 bezeichnete Puls erzeugt. Der erste Puls stellt den Zähler 416 zurück, und der zweite Puls stößt einen Trigger

432 an, damit die vom Zähler 416 gezählte Zahl mit einer im Speicher 442 des Mikroprozessors 436 gespeicherten Zahl verglichen werden kann. Das Ergebnis dieses Vergleichs wird vom programmierbaren Speicher 424 in ein Signal umgesetzt, das durch einen LCD-Treiber 428 als digitale Wiedergabe des gemessenen Drucks auf dem Display 440 angezeigt wird.

In dieser dritten Ausführungsform der Reifendruck-Überwachungsanlage 354 wird der Druck in einem Reifen mittels des Aufnehmers 356 genau erfaßt, dessen Induktivität L der Spule 364 über den Ferritkern druckabhängig ist. Dabei ist der Empfänger 370 vorzugsweise in einem nichtschwingenden Ruhezustand, in dem die Ausrichtung der Spulen 374 und 376 des Empfängers 370 zueinander eine negative Rückkopplung zwischen Ein- und Ausgang des Verstärkers 372 bewirken. Wird der Aufnehmer 356 im Wirkabstand zum Empfänger 370 gebracht, wechselt dieser in den aktiven Zustand, in dem Schwingungen durchgeführt werden, die von der Resonanzfrequenz des Resonanzkreises 362 abhängen. Diese ist druckabhängig, wodurch die Schwingungsfrequenz des Verstärkers 372 erfaßt und als Maß für den Reifendruck verwendet werden kann.

In Fig. 18 ist dargestellt, wie der Aufnehmer 14a der ersten Ausführungsform an einer Felge 300 des Reifens 16a befestigt ist. Der Aufnehmer 14a hat ein erstes Gehäuse 302 und ein zweites Gehäuse 304, die über einen Leiter 306 und die Felge 300 miteinander elektrisch verbunden sind. Erstes und zweites Gehäuse 302, 304 enthalten die Schaltung 32 mit der Spule 34 und dem Kondensator 36 sowie dem Schaltelement 38 (vgl. auch Fig. 21).

Im Gehäuse 304 befindet sich das Schaltelement 38, das in Fig. 21 genauer dargestellt ist. Es hat einen Deckel 308 aus GFK und eine Basis 310 aus GFK (faserverstärktem Kunststoff). Zwischen Deckel 308 und Unterteil 310 befindet sich ein Schaltkontakt oder Druckdose 312, der aus zwei leitenden oder flexiblen Scheiben 314 gebildet ist, die in Fig. 2 mit Bezugszeichen 42 bezeichnet wurden. Die Druckdose 312, der von diesen zwei Scheiben 314 gebildet ist, ist hermetisch abgeschlossen, so daß ein abgeschlossener Luft-hohlraum 316 gebildet ist. Die Druckdose 312 ist über eine leitende Befestigung 318, die mit der Felge 300 verlötet ist oder über einen ersten Folienleiter 320 in elektrischem Kontakt mit der Felge 300, wie in Fig. 18 zu sehen ist. Weiter ist die Druckdose 312 elektrisch über einen zweiten Leiter 322, der an der Unterseite des Deckels 308 befestigt ist, kontaktiert. Der Deckel 308 und das Unterteil 312 sind durch einen ringförmigen Isolator 323 beabstandet, so daß die Druckdose 312 sich mittels ihrer Kammer 316 expandieren oder zusammenziehen kann, wodurch der in Fig. 2 dargestellte Schaltkreis 32 geöffnet oder geschlossen wird. Fällt der Reifendruck unter einen vorbestimmten Wert, bewirkt die Druckdose 312 eine Verbindung des Leiters 320 über die leitende Befestigung 318 mit dem Leiter 322. Das erste Gehäuse 304 hat weiter einen an der Oberfläche befestigten Kondensator 36, der an den Leiter 322 angeschlossen ist und parallel zur Spule im ersten Gehäuse 302 liegt.

Wie in den Fig. 18 und 19 zu sehen ist, ist der Aufnehmer 14a im ersten Gehäuse 302 und im zweiten Gehäuse 304 an der Felge 300 befestigt. In den Figuren sind zwei Befestigungsmöglichkeiten dargestellt. Bei beiden ist das zweite Gehäuse 304 innen an der Felge 300 mittels geeignetem Haftmittel befestigt. Um das Gehäuse 304 weiter an der Felge 300 zu sichern, ist ein verstellbares Metallband 324 innen um die Felge 300 geschlungen und drückt auf einen O-Ring 326, der über dem Gehäuse 304 liegt. Das Metallband 324 läuft über den O-Ring 326, so daß zur Verformung der Druckdose 312 ausreichend Raum ist. Alternativ kann ein elastischer Nylongürtel oder geeignete andere Befesti-

gungsmechanismen anstelle des verstellbaren Metallbandes 324 verwendet werden.

Bei der in Fig. 18 dargestellten ersten Befestigungstechnik ist die leitfähige Befestigung 318 direkt an der Felge 300 angelötet. Dadurch ist eine erste Leiterstrecke gebildet. Der zweite Leiter 322 läuft von der Unterseite des Deckels 308 und vom Kondensator 336, der an die von der Felge 300 isolierte Leitfolie 306 angeschlossen ist quer über ein Horn 328 der Felge 300. Die Leitfolie 306 läuft über das Horn 328 und ist am Polyäthylenkörper 330 des Gehäuses 303 mittels einer Schraube 332 befestigt. Ein Anschluß der Spule 34 ist elektrisch an die Folie 306 über die Schraube 332 angeschlossen. Der andere Anschluß der Spule 34 ist an das Horn 328 der Felge 300 über eine zweite Befestigungsschraube 334 sowie an eine zweite Folie 336 angeschlossen, die elektrischen Kontakt mit dem Horn 328 hat. Die Spule 34 hat etwa 230 Wicklungen, die im Polyäthylenkörper 330 eingeschlossen sind, der in Fig. 18 aufgeschnitten dargestellt ist. Sie ist mittels zweier Metallbügel 338 am Horn 328 der Felge 300 befestigt. Diese Bügel sind am Polyäthylenkörper 330 des ersten Gehäuses 302 vernietet. Die Metallbügel 338 sind ausreichend elastisch, um auf dem Horn 328 der Felge 300 zu klemmen, so daß die Spule 34 direkt an der Außenseite der Felge 300 befestigt ist. Somit kann der Empfänger 20a an der Karosserie bzw. der Radaufhängung nahe der Spule 34 angeordnet werden; und zwar so, daß die Spule 34 auf einer Ebene liegt, die im wesentlichen parallel zur Ebene der Spulen 62, 64 des Empfängers 20a ist.

In Fig. 19 ist eine zweite Befestigungstechnik des Aufnehmers 14a an der Felge 300 gezeigt. Elemente bzw. Bauteile, die der Befestigungstechnik der Fig. 18 entsprechen, tragen das gleiche Bezugszeichen und werden hier nicht noch einmal erläutert. Bei dieser zweiten Befestigungstechnik wird die Felge 300 nicht weiter als Leiter verwendet, was beispielsweise bei schlecht kontaktierbaren Aluminiumfelgen vorteilhaft sein kann. Statt dessen wird eine zweite Leitfolie 342 verwendet, die ebenfalls von der Felge 300 isoliert ist. Der Leiter 322 des Schaltelementes 38 ist elektrisch an die Folie 306 angeschlossen und der Leiter 320 des Schaltelementes 38 an die Folie 342. Diese Folienleiter 306, 342 werden über das Horn 328 der Felge 300 geführt, so daß sie weiter von der Felge 300 isoliert sind. Die Kontakte der Folienleiter 306, 342 werden von elastischen Leitklemmen 338 kontaktiert; die an das Gehäuse 302 genietet sind und an die Anschlüsse der Spule 34 angeschlossen sind, so daß der Stromkreis vollständig ist. Bei dieser zweiten Befestigungstechnik kann der Reifen 16a auf die Felge 300 montiert werden, ohne daß das erste Gehäuse 302 des Aufnehmers 14a am Rand 328 der Felge 300 bereits angebracht sein muß. Ist der Reifen 16a auf die Felge 300 aufgezogen, wird das erste Gehäuse 302 des Aufnehmers 14a einfach an die freigelegten Kontaktflächen der Folien 302, 342 aufgeklippt, ähnlich wie ein normales Auswuchtgewicht am Felgenhorn befestigt wird. Dazu ist es natürlich wesentlich, daß die Oberflächen der Leitfolien 306, 342 im Bereich des Felgenhorns elektrisch kontaktierbar sind, und die Unterseite der Leitfolie 306, 342 gegenüber der Felge 300 isoliert sein müssen. Dann können die Unterseiten der Bügel 338 diese leitenden Abschnitte der Folienleiter 306, 342 kontaktieren, wenn das erste Gehäuse 302 am Felgenhorn befestigt wird.

In Fig. 20 ist eine dritte Befestigungstechnik für die Meßaufnehmer 14a an der Felge 300 dargestellt. Auch hier sind gleiche Elemente wie bei den ersten beiden Befestigungstechniken mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und werden nicht noch einmal erläutert. Bei dieser Konstruktion ist die Spule 34 im wesentlichen rechtwinklig zum Felgenbett mittels eines flexiblen Befestigungsmechanismus 344 befestigt. Beispielsweise kann das erste Gehäuse 302 aus ei-

nem Kunststoffhaftmittel gebildet werden, das die gesamte Spule 34 verkapselt. Dadurch kann die Spule 34 in einer Ebene angeordnet werden, die im wesentlichen parallel zur Ebene der Spulen 62, 64 des Empfängers 20a liegt. Das Schaltelement 38 ist im Gehäuse 304 dargestellt und an der Felge 300 nahe der Spule 34 angeordnet. Dieses Gehäuse 304 wird in der Felge 300 vorzugsweise wie in den Fig. 18 oder 19 dargestellt, befestigt, so daß zwei Folienleiter 346, 348 den elektrischen Kontakt zwischen Spule 34 und Gehäuse 304 herstellen, um den Schaltkreis 32 zu bilden. Bei dieser Befestigungstechnik liegt die Mittelachse 350 der Spule 34 über dem Horn 328 der Felge 300, so daß ausreichende Überdeckungsfläche 352 zur elektromagnetischen Kopplung mit dem Empfänger 20a gegeben ist. Darüber hinaus liegt die Spule 34 nahe des Empfängers 20 in einem Abstand zwischen 0 und 18 cm.

Mittels der beschriebenen drei Befestigungstechniken, die anhand der Fig. 18 bis 20 beschrieben wurden, kann der Aufnehmer 14a einfach in geeigneter Lage zum Empfänger 20a angebracht werden, ohne den Reifen 16a verändern zu müssen, beispielsweise indem der Aufnehmer 14a in die Flanke des Reifens 16a einzuarbeiten. Dadurch kann ein beliebiger Reifen auf der Felge 300 aufgezogen werden, da die Felge 300 so ausgebildet ist, daß der Aufnehmer 14a wie in den Fig. 18 mit 20 an ihr befestigt ist. Diese Felge 300 ist eine übliche Felge und muß nicht weiter modifiziert werden, außer daß der Aufnehmer 14a mit den Gehäusen 302, 304 wie gezeigt an ihr befestigt wird.

Patentansprüche

1. Reifendruck-Überwachungsanlage für mindestens einen Reifen (16) eines Fahrzeuges mit:
einem bezüglich des Reifens (16) festen Aufnehmer (14, 200, 200', 356), der den Druck dieses Reifens (16) abfühlt,
einem außerhalb des Reifens (16) bezüglich des Fahrzeuges festen und in der Nähe des Aufnehmers (14, 200, 200', 356) befestigten Empfängers (20, 90, 220, 370), der ein den vom Aufnehmer (14, 200, 200', 356) abgefühlten Reifendruck anzeigendes Signal erzeugt und eine erste Spule (62, 230, 374), eine zweite Spule (64, 232, 376) sowie einen Verstärker (70, 94, 372) mit einem Rückkopplungszweig hat, wobei die erste und zweite Spule (62, 230, 374, 64, 232, 376) zueinander so liegen, daß nach Erzeugen einer elektromagnetischen Kopplung zwischen ihnen die Rückkopplung im Rückkopplungszweig entweder Null oder negativ ist und einer Reifendruckanzeige (80), die an den Empfänger (20, 90, 220, 370) angeschlossen ist, und ausgehend von dessen Signal den Reifendruck anzeigt.
2. Reifendruck-Überwachungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) einen LC-Kreis (32, 362) mit einer Spule (34, 202, 364) und einem Kondensator (36, 204, 366) aufweist.
3. Reifendruck-Überwachungsanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der passive LC-Kreis (32, 362) leitend ist, wenn der Reifendruck außerhalb eines vorbestimmten Bereiches und nicht leitend ist, wenn der Reifendruck innerhalb des vorbestimmten Bereiches liegt.
4. Reifendruck-Überwachungsanlage nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktivität L der Spule (364) des passiven LC-Kreises (362) abhängig vom Reifendruck ist.
5. Reifendruck-Überwachungsanlage nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

der Meßaufnehmer (14, 200, 200', 356) sich in einem ersten Gehäuse (302) und einem zweiten Gehäuse (304) befindet, die an der Felge (300) des Reifens (16) befestigt sind.

6. Reifendruck-Überwachungsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Gehäuse (302) an einem Rand (328) der Felge (300) und das zweite Gehäuse (304) innerhalb des Reifens (16) an der Felge (300) befestigt ist.

7. Überwachungsanlage für einen ersten Parameter mit:

einem an einer ersten Stelle (16) angeordneten Meßaufnehmer (14, 200, 200', 356), der den ersten Parameter abfühlt,

einem an einem zweiten Ort fern der ersten Stelle (16) und nahe des Aufnehmers (14, 200, 200', 356) liegenden Empfänger (20, 90, 220, 370), der ein den ersten Parameter anzeigendes Signal erzeugt und eine erste Spule (62, 230, 374), eine zweite Spule (64, 232, 374) sowie einen Verstärker (70, 94, 372) mit einem Rückkopplungszweig aufweist, wobei die erste und zweite Spule (62, 230, 374, 64, 232, 376) zueinander so liegen, daß nach Erzeugen einer elektromagnetischen Kopplung zwischen ihnen die Rückkopplung im Rückkopplungszweig entweder Null oder negativ ist und einer mit dem Empfänger (20, 90, 220, 370) verbundenen Anzeige (80), die einem Benutzer den ersten Parameter anzeigt.

8. Überwachungsanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) bezüglich eines Reifens (16) eines Fahrzeuges und der Empfänger (20, 90, 220, 370) bezüglich des Fahrzeuges fest ist, wodurch der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) den Reifendruck abfühlt.

9. Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) einen LC-Kreis (32, 362) mit einer Spule (34, 202, 364) und einem Kondensator (36, 204, 366) aufweist, und daß der passive LC-Kreis (32, 362) leitend ist, wenn der erste Parameter außerhalb eines vorbestimmten Bereiches und nicht leitend ist, wenn der erste Parameter innerhalb des vorbestimmten Bereiches liegt.

10. Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 7 mit 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (356) einen LC-Kreis (362) mit einer Spule (364) und einem Kondensator (366) aufweist, wobei die Induktivität L der Spule (364) abhängig vom ersten Parameter ist.

11. Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 7 mit 10 in Verbindung mit Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßaufnehmer (14, 200, 200', 356) sich in einem ersten Gehäuse (302) und einem zweiten Gehäuse (304) befindet, die an der Felge (300) des Reifens (16) befestigt sind.

12. Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 7 mit 11, dadurch gekennzeichnet, daß im Rückkopplungszweig die Rückkopplung positiv ist, wenn der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) im Wirkabstand zu und elektromagnetisch gekoppelt mit dem Empfänger (20, 90, 220, 370) ist.

13. Reifendruck-Überwachungsanlage für mindestens einen auf eine Felge (300) aufgezogenen Reifen (16) eines Fahrzeuges mit:

einem in einem ersten Gehäuse (302) und einem zweiten Gehäuse (304) befindlichen Aufnehmer (14, 200, 200', 356), wobei erstes Gehäuse (302) und zweites Gehäuse (304) an der Felge (300) befestigt und elek-

trisch miteinander verbunden sind,
 einem an einer Stelle außerhalb des Reifens (16), bezüglich des Fahrzeuges befestigten und nahe des Aufnehmers (14, 200, 200', 356) angebrachten Empfänger (20, 90, 220, 370), der zum Erzeugen eines den vom Aufnehmer (14, 200, 200', 356) abgefühlten Reifendruck anzeigenden Signales elektromagnetisch mit dem Aufnehmer (14, 200, 200', 356) koppelbar ist, und einer Reifendruckanzeige (80), die an den Empfänger (20, 90, 220, 370) angeschlossen ist, und ausgehend von dessen Signal den Reifendruck anzeigt.
 14. Reifendruck-Überwachungsanlage nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Gehäuse (302) an einem Rand (328) der Felge (300) und das zweite Gehäuse (304) innerhalb des Reifens (16) an der Felge (300) befestigt ist.
 15. Reifendruck-Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Gehäuse (302) eine Spule (34, 202, 364) und das zweite Gehäuse (304) eine Druckdose aufweist.
 16. Reifendruck-Überwachungsanlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (34, 202, 364) an der Felge (300) in einer ersten Ebene befestigt ist, die im wesentlichen parallel zu einer zweiten Ebene einer ersten Spule (62, 230, 374) und einer zweiten Spule (64, 232, 376) liegt, die im Empfänger (20, 90, 220, 370) aufgenommen sind.
 17. Reifendruck-Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 13 mit 16, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Gehäuse (304) an der Felge (300) mittels eines verstellbaren Metallbandes (324) befestigt ist, das um einen das zweite Gehäuse (304) umgebenden O-Ring (326) und um die Felge (300) geschlungen ist.
 18. Reifendruck-Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 13 mit 17, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Gehäuse (304) an der Felge (300) mittels eines Haftmittels (344) befestigt ist.
 19. Reifendruck-Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 13 mit 18 in Verbindung mit Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (34, 302, 364) im ersten Gehäuse (302) im wesentlichen senkrecht zur Felge (300) liegt, wobei die Mittelachse der Spule (34, 202, 364) über dem Rand (328) der Felge (300) liegt.
 20. Überwachungsanlage für einen ersten Parameter mit:
 einem an einer ersten Stelle (16) liegenden Aufnehmer (356), der eine Spule (364) mit Induktivität L hat, die zu einem Ferritkern (398, 396, 400, 402) ausgerichtet ist, der die Induktivität L der Spule (364) verändert, so daß der Aufnehmer (356) den ersten Parameter abfühlt, und
 einen Empfänger (370), der an einer zweiten Stelle fern der ersten Stelle (16) und nahe des Aufnehmers (356) liegt und elektromagnetisch mit dem Aufnehmer (356) koppelbar ist, um ein den vom Aufnehmer (356) abgefühlten ersten Parameter anzeigendes Signal zu erzeugen.
 21. Überwachungsanlage nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (356) gegenüber einem Reifen (16) eines Fahrzeuges und der Empfänger (370) gegenüber dem Fahrzeug fest ist, wodurch der Aufnehmer (356) den Reifendruck des Reifens (16) abfühlt.
 22. Überwachungsanlage nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückkopplung in einem Rückkopplungsweig des Empfängers (370) positiv ist, wenn der Aufnehmer (356) im Wirkabstand zu und elektromagnetisch gekoppelt mit dem Empfänger

(370) ist.
 23. Überwachungsanlage nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger (370) eine erste Spule (374), eine zweite Spule (376) und einen den Rückkopplungsweig aufweisenden Verstärker (372) hat, wobei erste und zweite Spule (374, 376) zueinander so liegen, daß nach Erzeugen einer elektromagnetischen Kopplung zwischen ihnen die Rückkopplung im Rückkopplungsweig entweder Null oder negativ ist.
 24. Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 20 mit 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Ferritkern ein zweites Ferritteil (398, 402) und ein erstes Ferritteil (396, 400) aufweist, das zum zweiten Ferritteil (398, 400) so liegt, daß ein variabler Spalt (G) gegeben ist, und eine Variation des Spaltes (G) die Induktivität L der Spule (364) ändert.
 25. Überwachungsanlage nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Spalt (G) ein Material (404) aufweist, das sich bei Variation des ersten Parameters ausdehnt oder zusammenzieht.
 26. Überwachungsanlage nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Ferritteil (396, 400) und das zweite Ferritteil (398, 402) des Ferritkerns gegenüber einer flexiblen Membran (392) so befestigt sind, daß eine durch Variation des ersten Parameters bewirkte Verschiebung der flexiblen Membran (392) den Spalt (G) ändert.
 27. Überwachungsanlage für einen ersten Parameter mit:
 einem an einer ersten Stelle (16) angeordneten Aufnehmer (14, 200, 200', 356), der den ersten Parameter abfühlt, und
 einem an einer zweiten Stelle fern der ersten Stelle (16) und nahe des Aufnehmers (14) liegenden Empfänger (20, 90, 220, 370), der einen Verstärker (70, 94, 372) mit einem Rückkopplungsweig hat, der in einem nichtschwingenden Ruhezustand ist, wenn der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) nicht elektromagnetisch mit dem Empfänger (20, 90, 220, 370) gekoppelt ist, und in einem aktiven Schwingungszustand ist, wenn der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) elektromagnetisch mit dem Empfänger (20, 90, 220, 370) gekoppelt ist.
 28. Überwachungsanlage nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) einen LC-Kreis (32, 362) mit einer Spule (34, 202, 364) und einem Kondensator (36, 204, 366) aufweist.
 29. Überwachungsanlage nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der passive LC-Kreis (32, 362) leitend ist, wenn der erste Parameter außerhalb eines vorbestimmten Bereiches und nicht leitend ist, wenn der erste Parameter innerhalb des vorbestimmten Bereiches liegt.
 30. Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 27 mit 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) elektromagnetisch mit dem Empfänger (20, 90, 220, 370) koppelt, wenn der LC-Kreis (32, 362) des Aufnehmers (14, 200, 200', 356) leitend, und der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) im Wirkabstand zum Empfänger (20, 90, 220, 370) ist.
 31. Überwachungsanlage nach einem der Ansprüche 27 mit 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (356) eine Spule (364) hat, deren Induktivität vom ersten Parameter abhängt.
 32. Aufnehmer (356) für einen ersten Parameter mit:
 einem Kondensator (366),
 einer Spule (364) mit einer Induktivität L und
 einem relativ zur Spule (364) angeordneten Ferritkern

(396, 398, 400, 402), wobei durch eine Bewegung des Ferritkerns (396, 398, 400, 402) gegenüber der Spule (364) die Abhängigkeit der Induktivität L vom ersten Parameter gegeben ist.

33. Aufnehmer nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Ferritkern ein erstes Ferritteil (396, 400) und ein zweites Ferritteil (398, 402) aufweist, die zueinander so liegen, daß ein Spalt (G) gebildet ist, der vom ersten Parameter abhängt.

34. Aufnehmer nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Ferritteil (396) im wesentlichen quaderförmig ist und das zweite Ferritteil (398) im wesentlichen U-förmig.

35. Aufnehmer nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl erstes als auch zweites Ferritteil (400, 402) U-förmig sind.

36. Aufnehmer nach einem der Ansprüche 32 mit 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (364) mehrere Wicklungen hat, wobei jede Wicklung die innere so umgibt, daß eine flache spiralförmige Spule gebildet ist.

37. Aufnehmer nach einem der Ansprüche 32 mit 36 in Verbindung mit Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (364) zwischen dem ersten Ferritteil (396, 400) und dem zweiten Ferritteil (398, 402) durchläuft.

38. Aufnehmer nach einem der Ansprüche 32 mit 37 in Verbindung mit Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß der Spalt (G) ein Material (404) aufweist, das sich bei Variation des ersten Parameters ausdehnt oder zusammenzieht.

39. Aufnehmer nach einem der Ansprüche 32 mit 38 in Verbindung mit Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Ferritteil (396, 400) bzw. das zweite Ferritteil (398, 402) des Ferritkerns gegenüber bzw. an einer flexiblen Membran (392) so befestigt ist, daß eine durch Variation des ersten Parameters bewirkte Verschiebung der flexiblen Membran (392) den Spalt (G) ändert.

40. Empfänger zum Überwachen eines ersten Parameters mittels eines Aufnehmers (14) mit:

einem Verstärker (70, 94, 372) mit einem Rückkopplungszweig,

einer daran angeschlossenen ersten Spule (62, 230, 374) und zweiten Spule (64, 232, 376),

wobei der Verstärker (70, 94, 372) in einem nichtschwingenden Ruhezustand ist, wenn der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) nicht elektromagnetisch mit dem Empfänger (20, 90, 220, 370) gekoppelt ist, und in einem aktiven Schwingungszustand ist, wenn der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) elektromagnetisch mit dem Empfänger (20, 90, 220, 370) gekoppelt ist.

41. Empfänger nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß der Verstärker (70, 94, 372) zweistufig mit einem ersten Operationsverstärker (408) und einem zweiten Operationsverstärker (410) aufgebaut ist.

42. Empfänger nach Anspruch 40 oder 41, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Spule (62, 230, 374) an den Eingang, und die zweite Spule (64, 232, 376) an den Ausgang des Verstärkers (70, 94, 372) angeschlossen ist.

43. Empfänger nach einem der Ansprüche 40 mit 42, dadurch gekennzeichnet, daß erste Spule (62, 230, 374) und zweite Spule (64, 232, 376) zueinander so liegen, daß nach Erzeugen einer elektromagnetischen Kopplung zwischen ihnen die Rückkopplung im Rückkopplungszweig entweder Null oder negativ ist, wenn der Aufnehmer (14, 200, 200', 356) nicht elektromagnetisch mit dem Empfänger (20, 90, 220, 370) gekoppelt

ist.

44. Empfänger nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückkopplung im Rückkopplungszweig entweder Null oder negativ ist, wenn der Verstärker (70, 94, 372) im nichtschwingenden Ruhezustand ist, und daß die Rückkopplung positiv ist, wenn der Verstärker (70, 94, 372) im aktiven Schwingungszustand ist.

45. Empfänger nach einem der Ansprüche 40 mit 44, dadurch gekennzeichnet, daß der Rückkopplungszweig durch mehrere Widerstände zwischen Ein- und Ausgang des Verstärkers (70, 94, 372) gebildet ist.

Hierzu 17 Seite(n) Zeichnungen

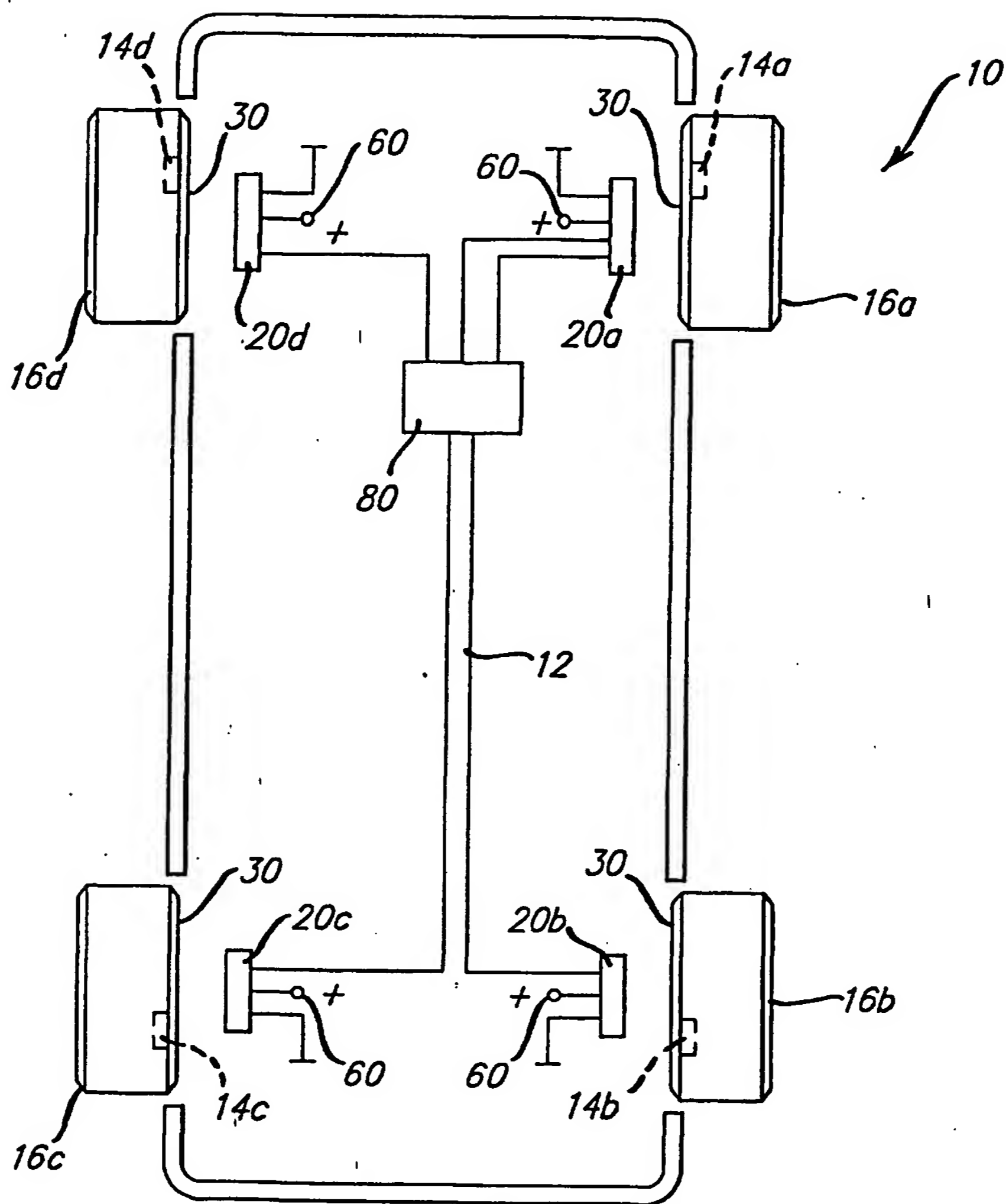


Fig. 1.

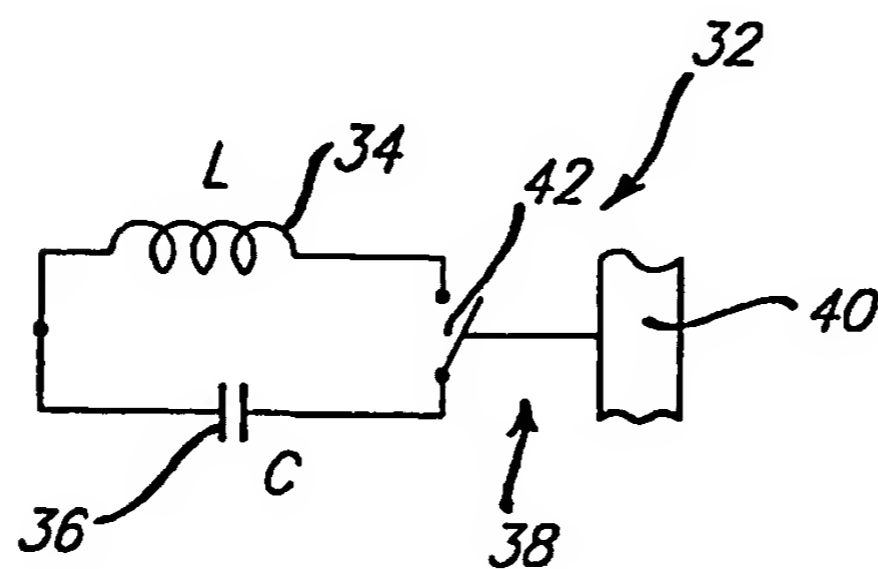
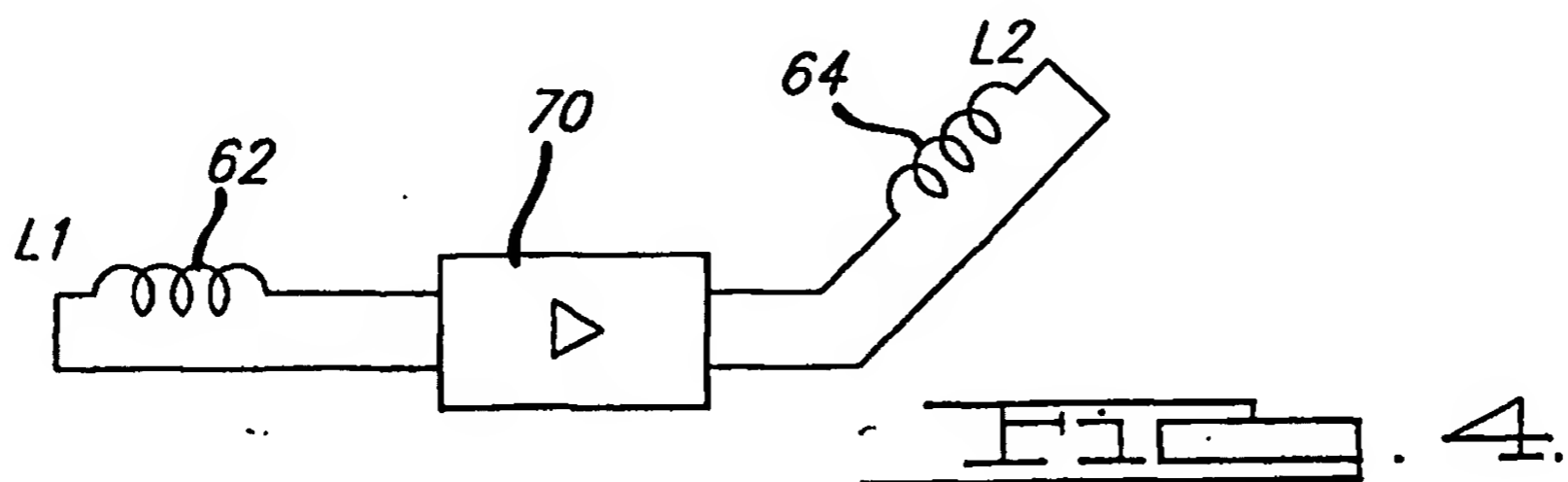
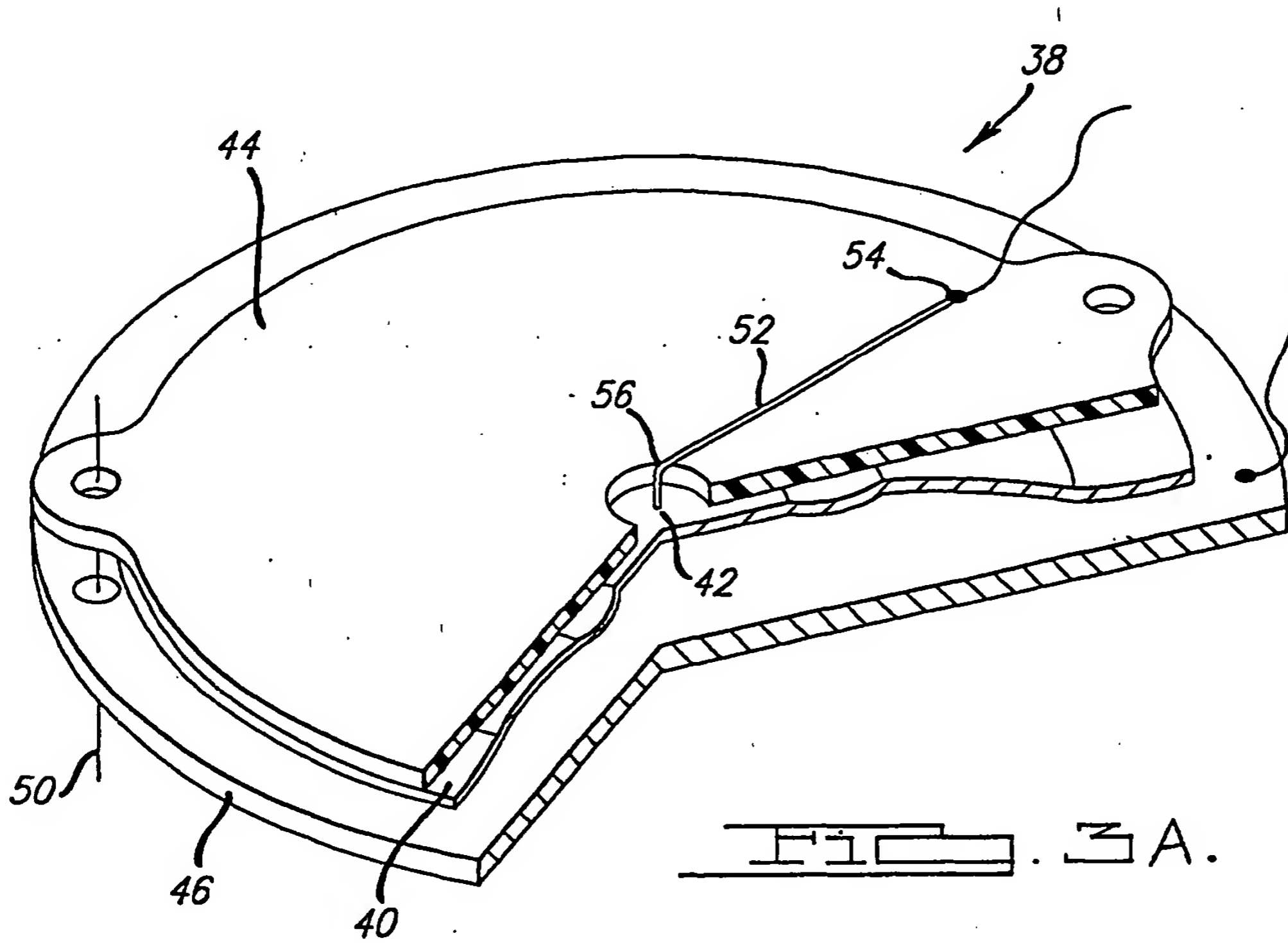
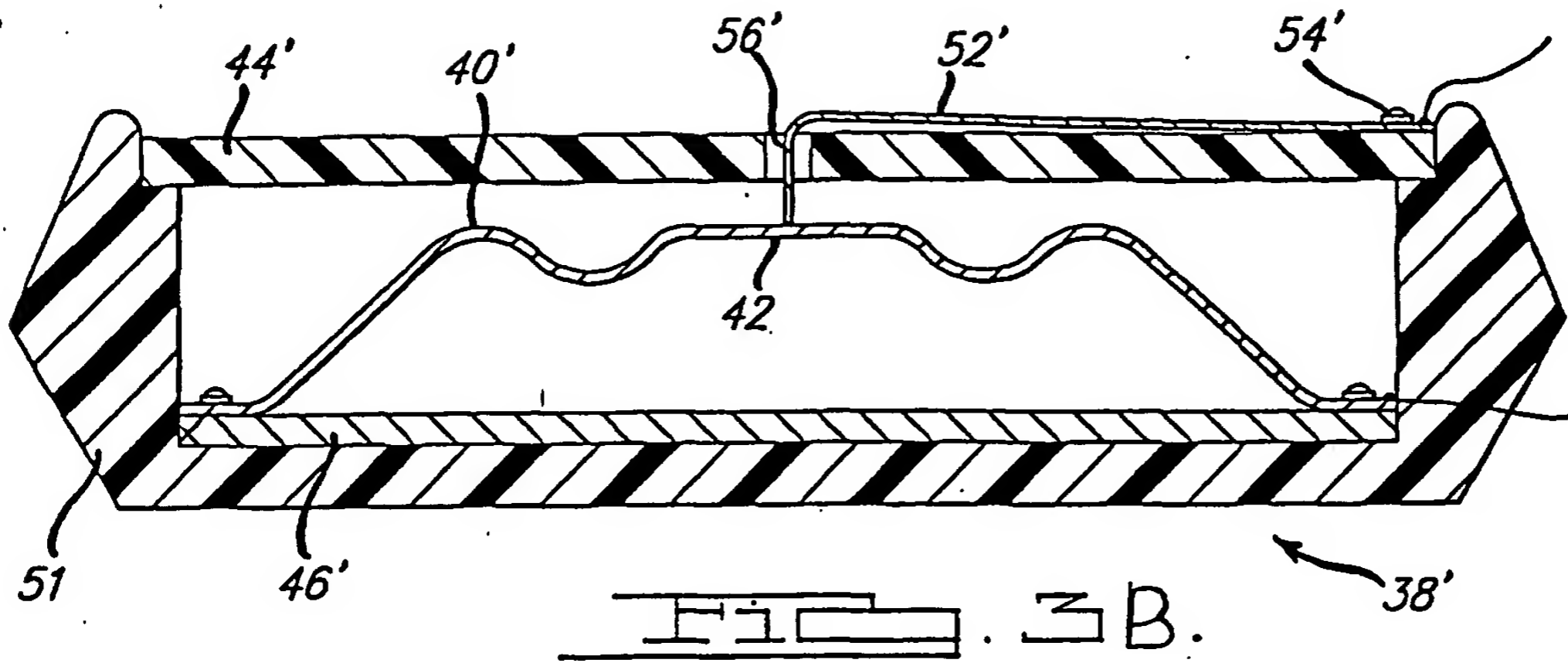
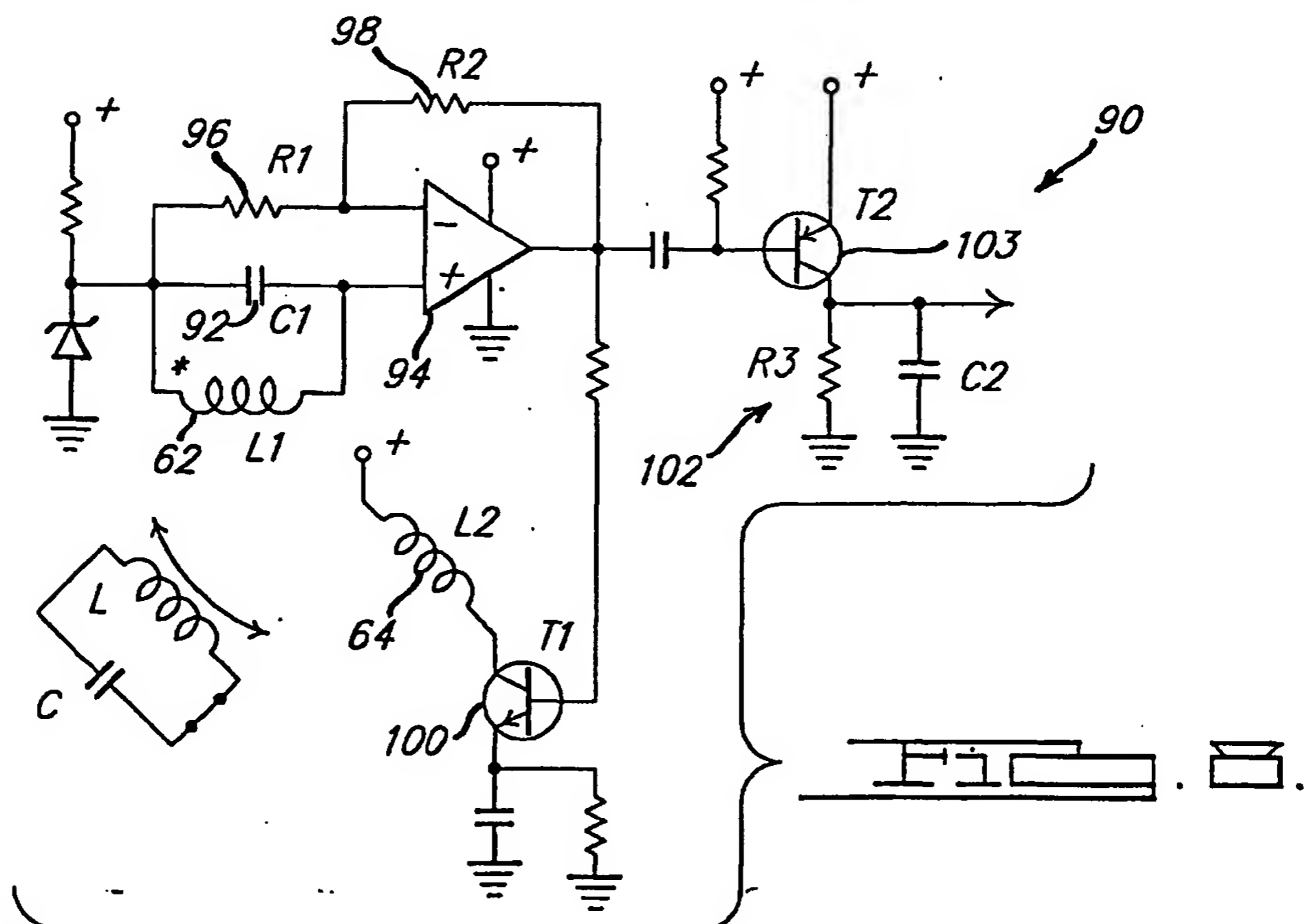
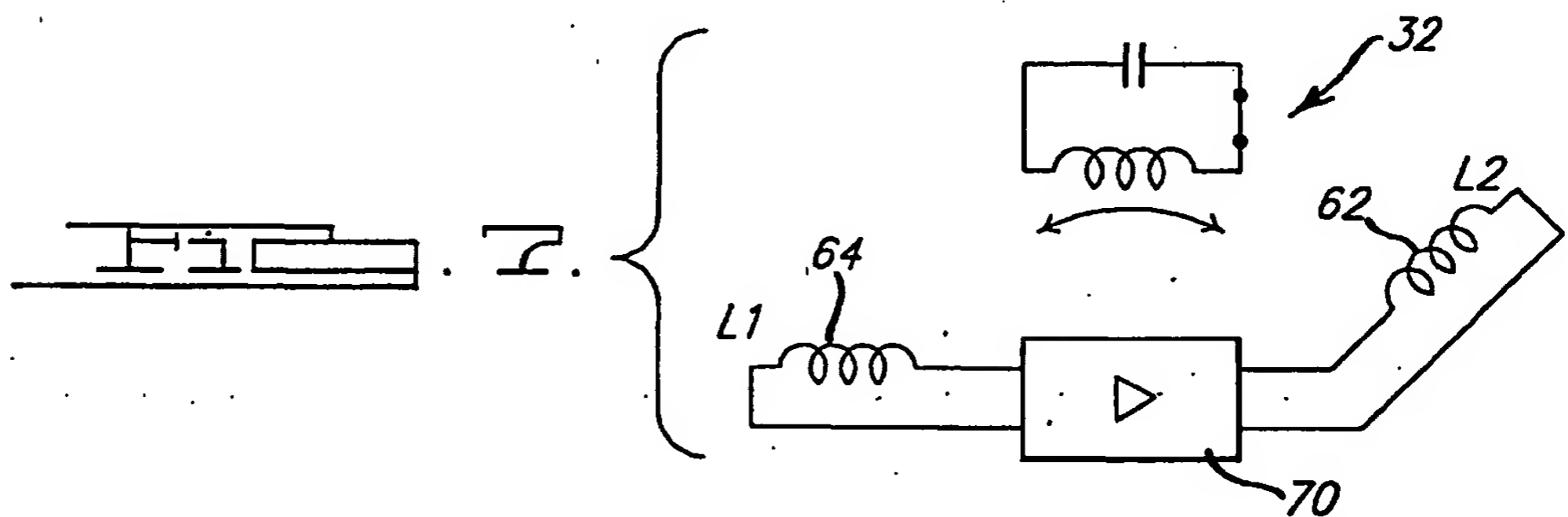
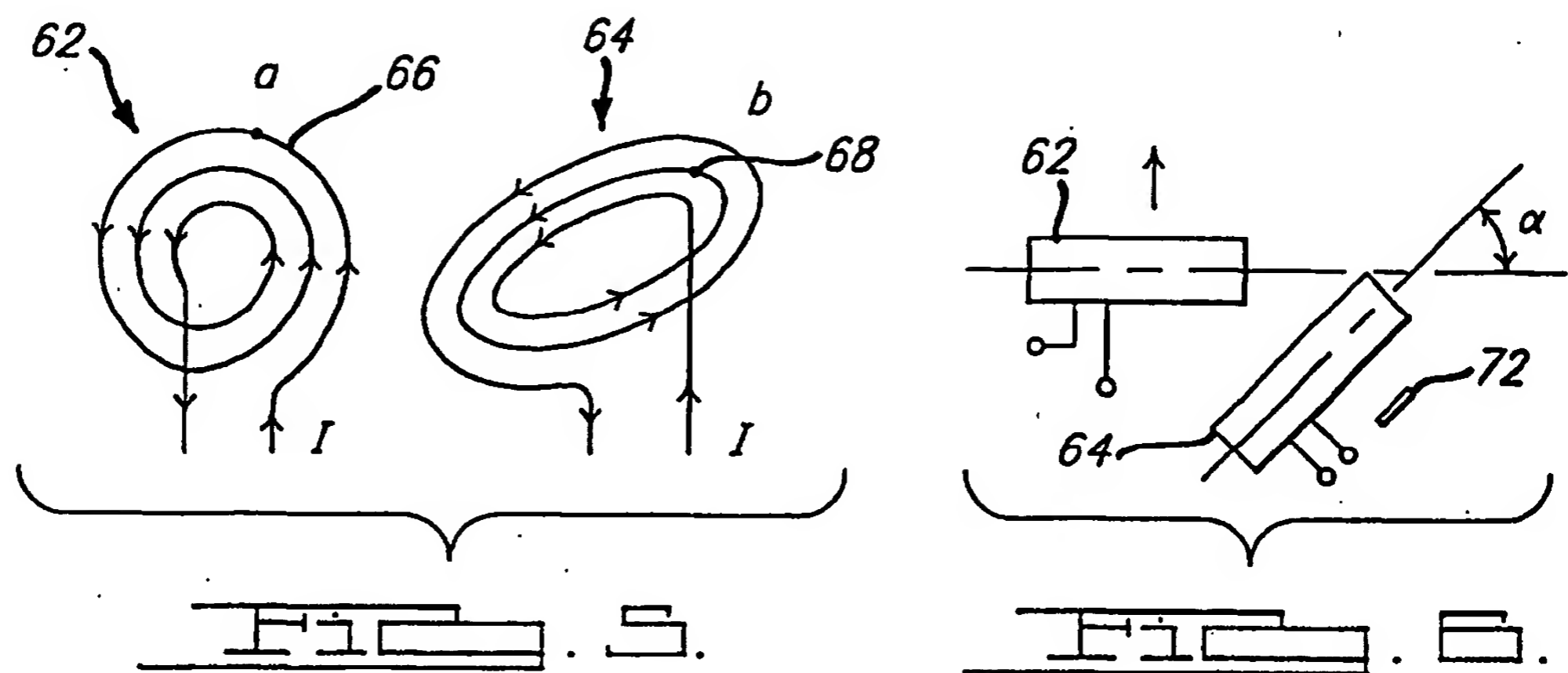


Fig. 2.





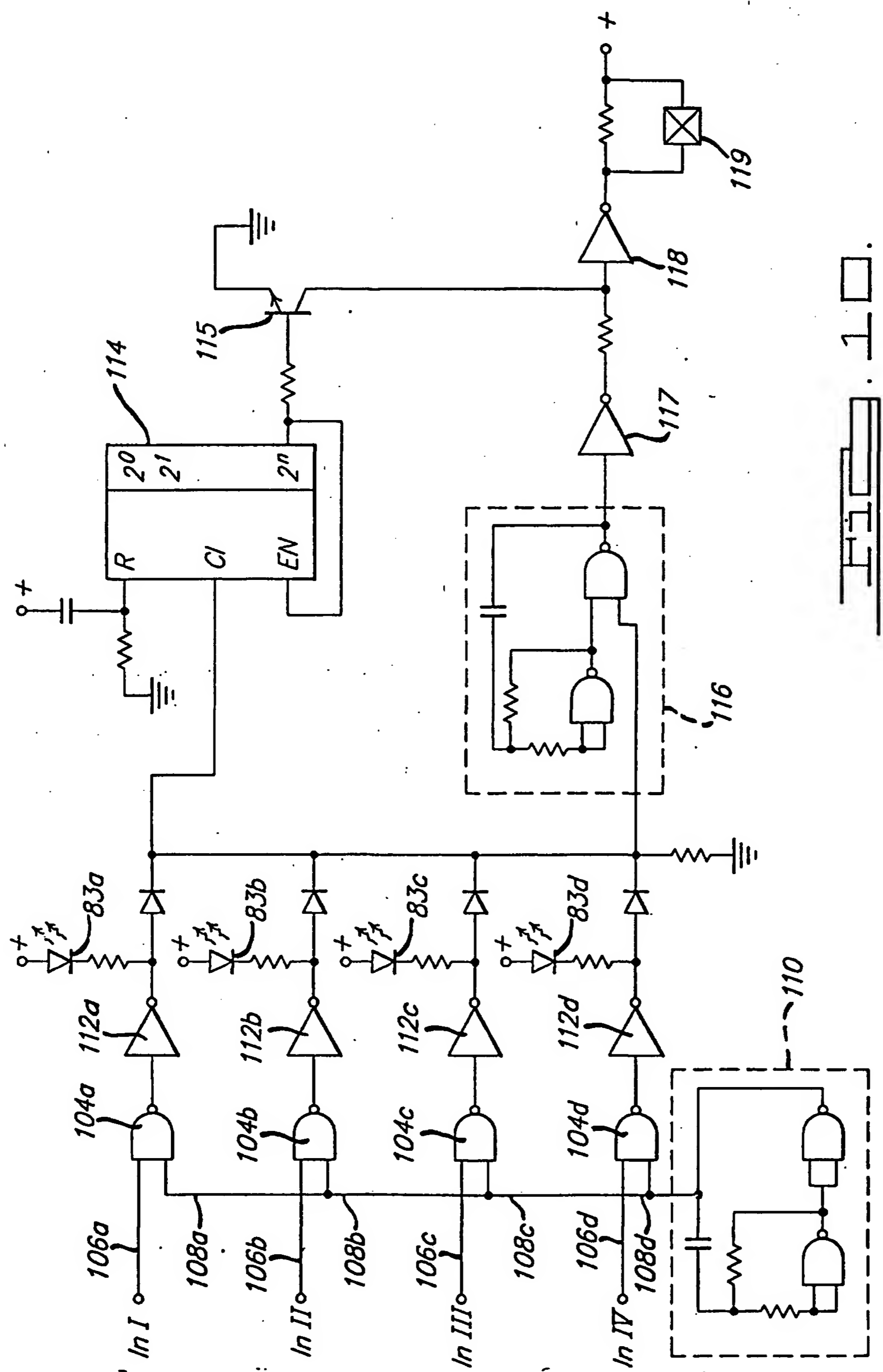


FIG. 1

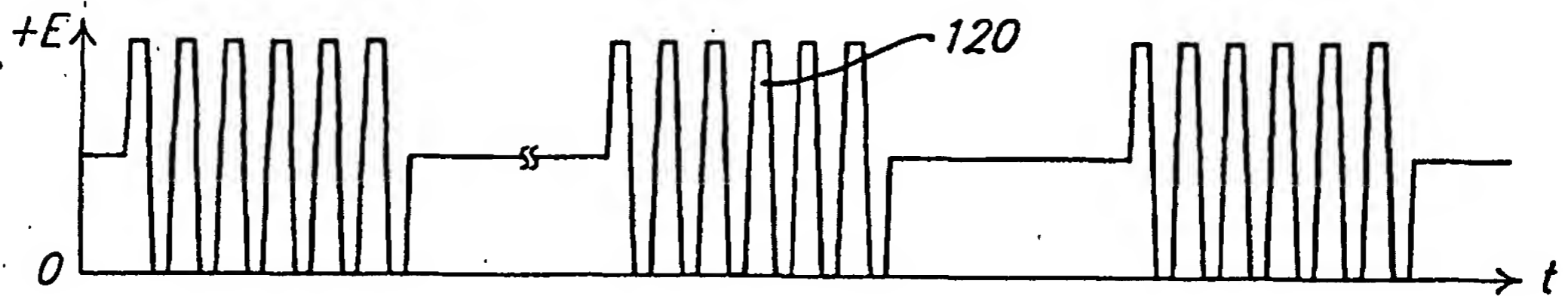


Fig. 1A.

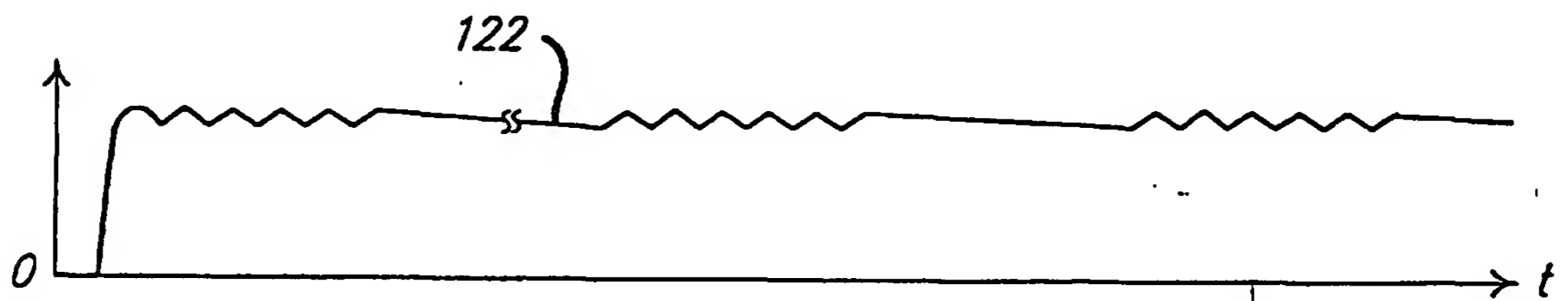


Fig. 1B.

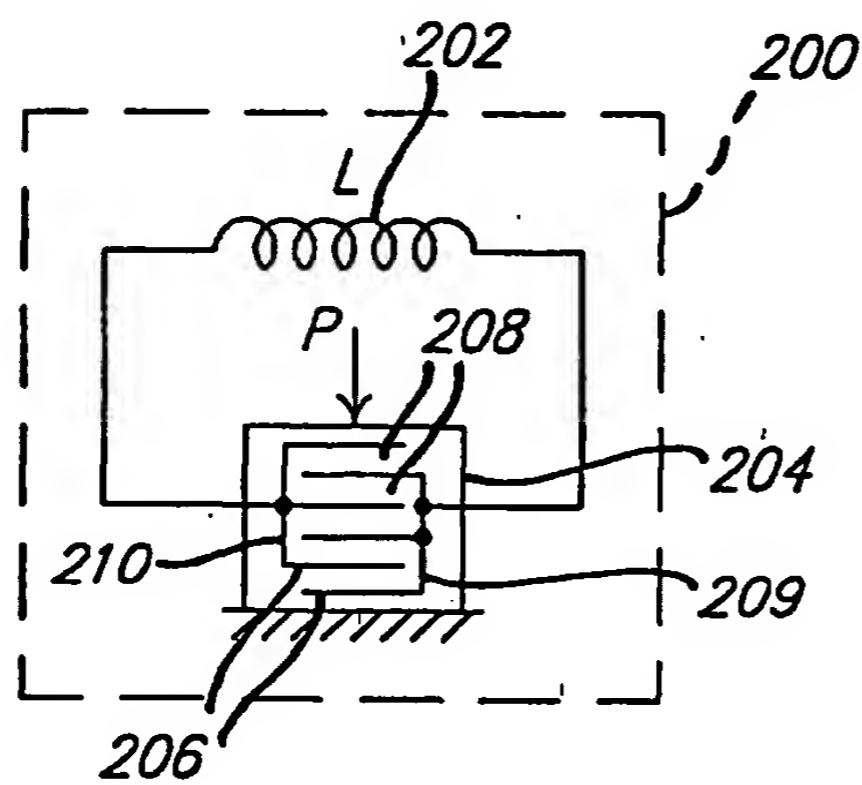


Fig. 11A.

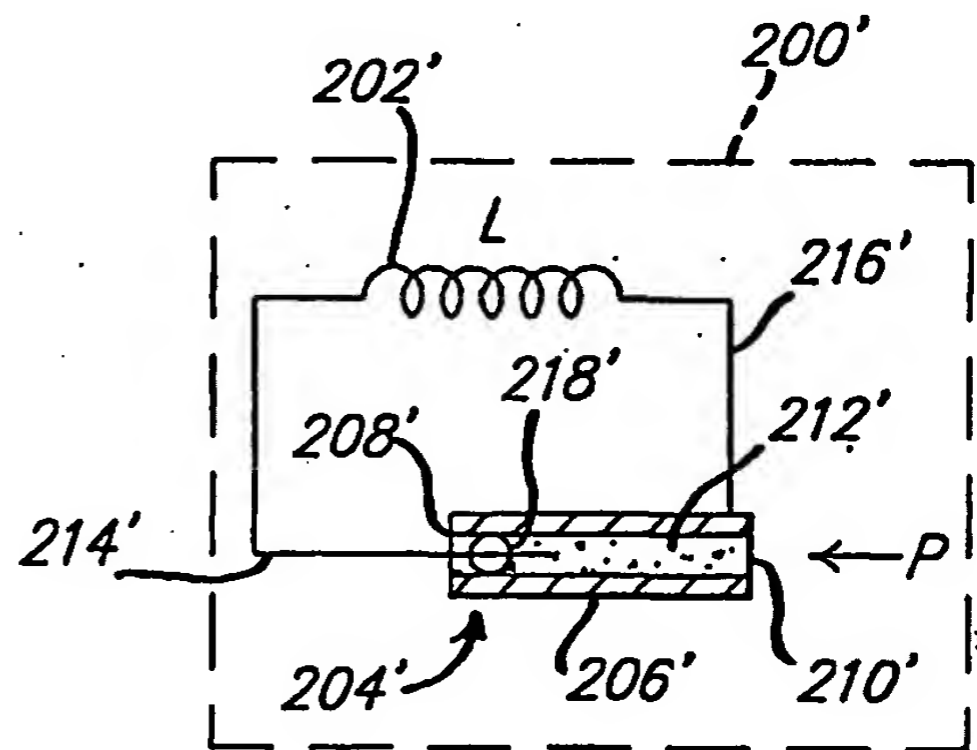


Fig. 11B.

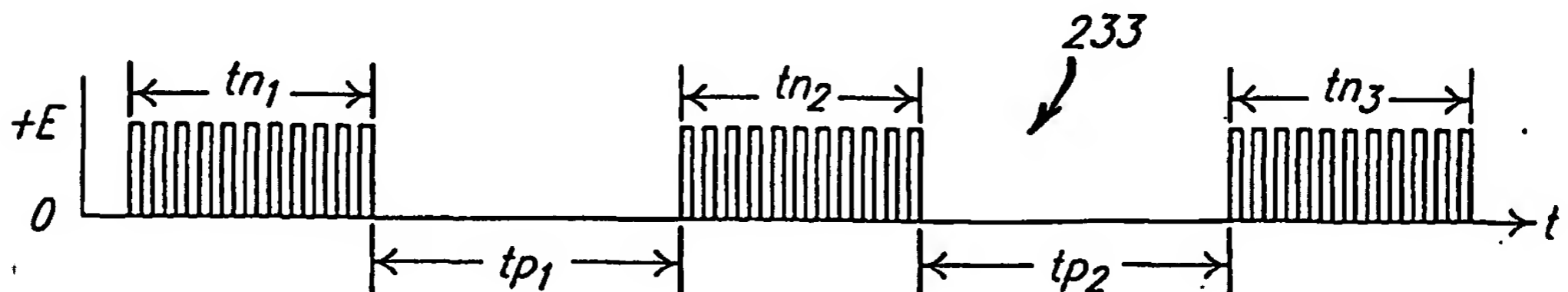
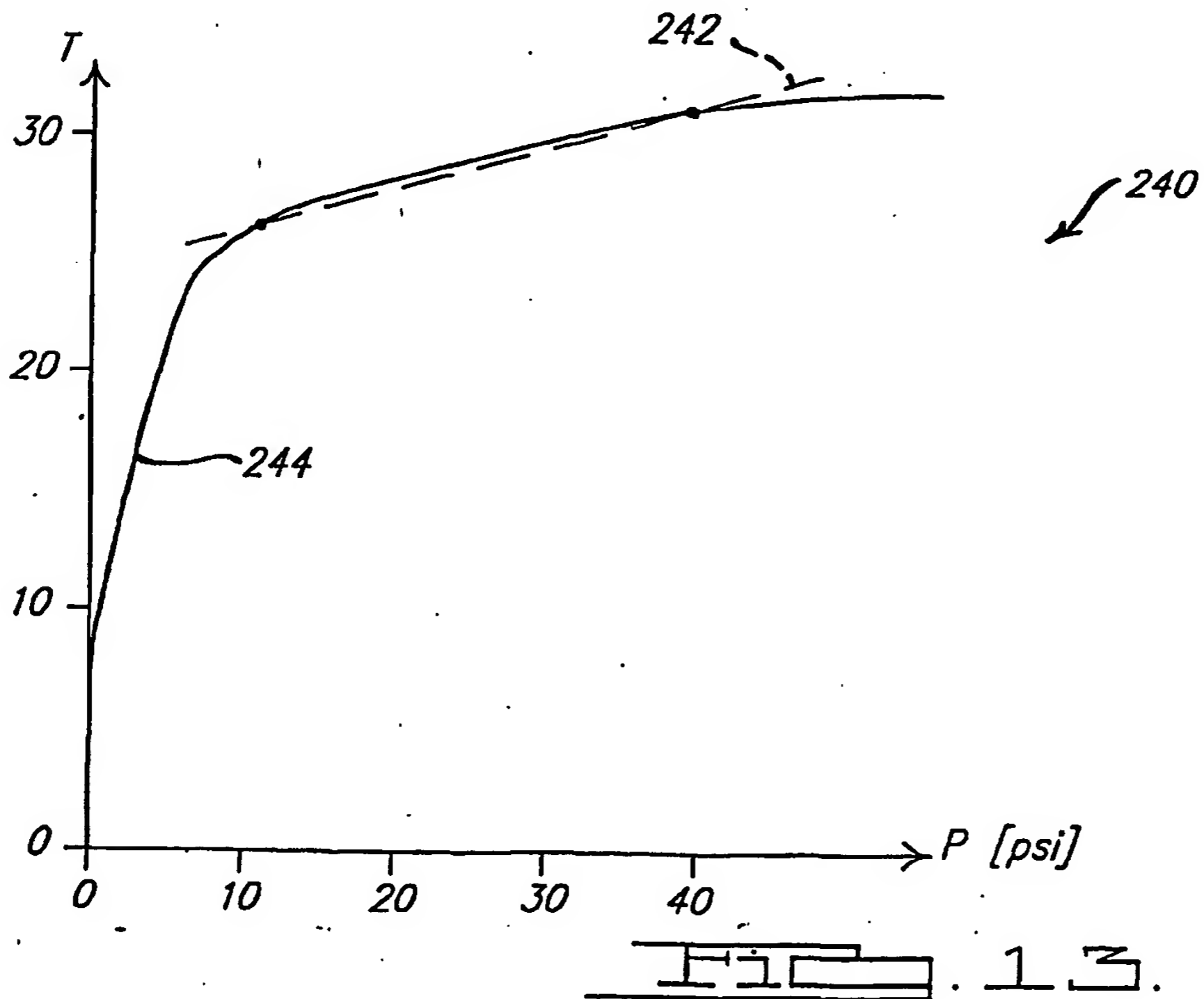
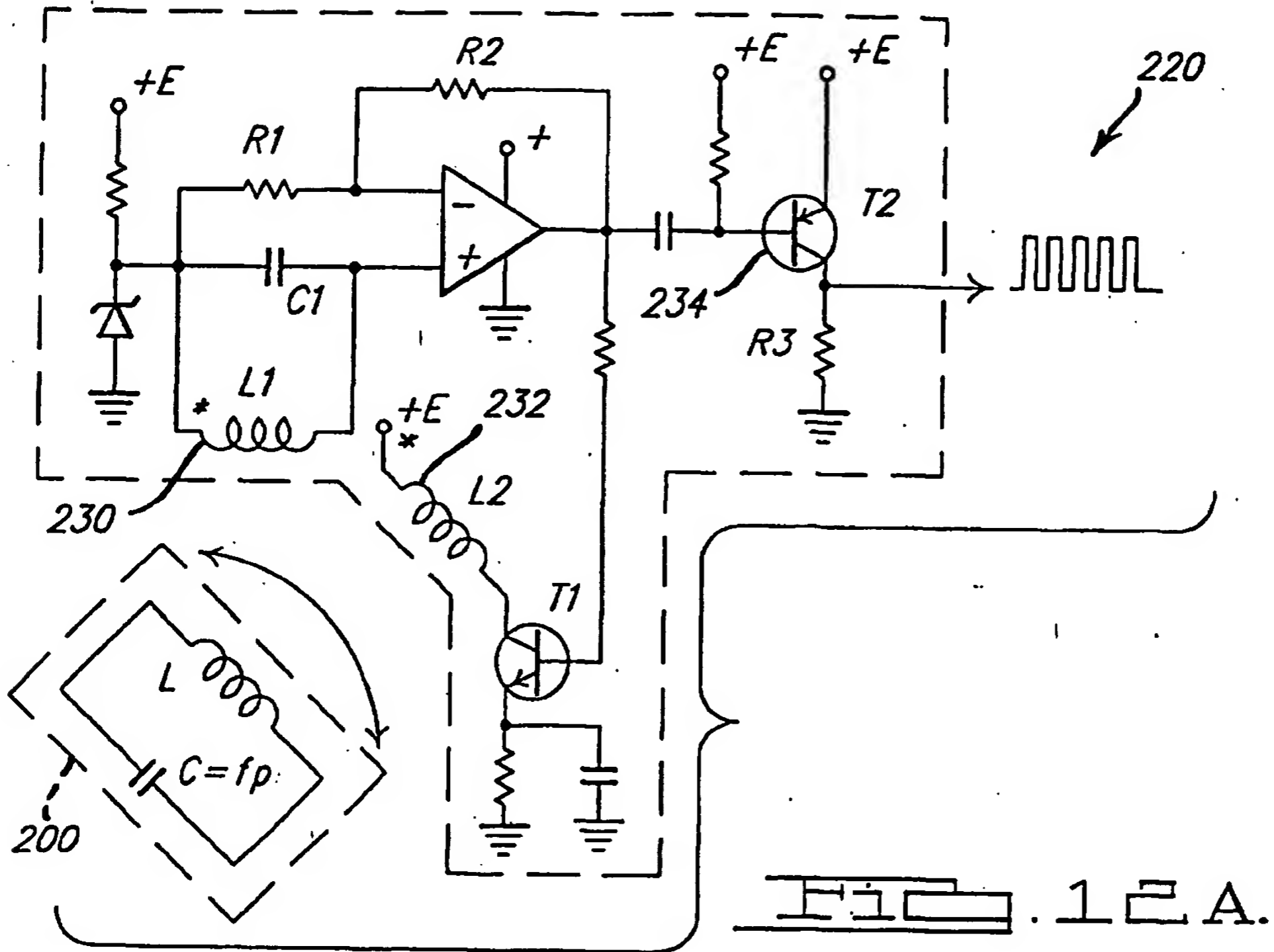


Fig. 12B.



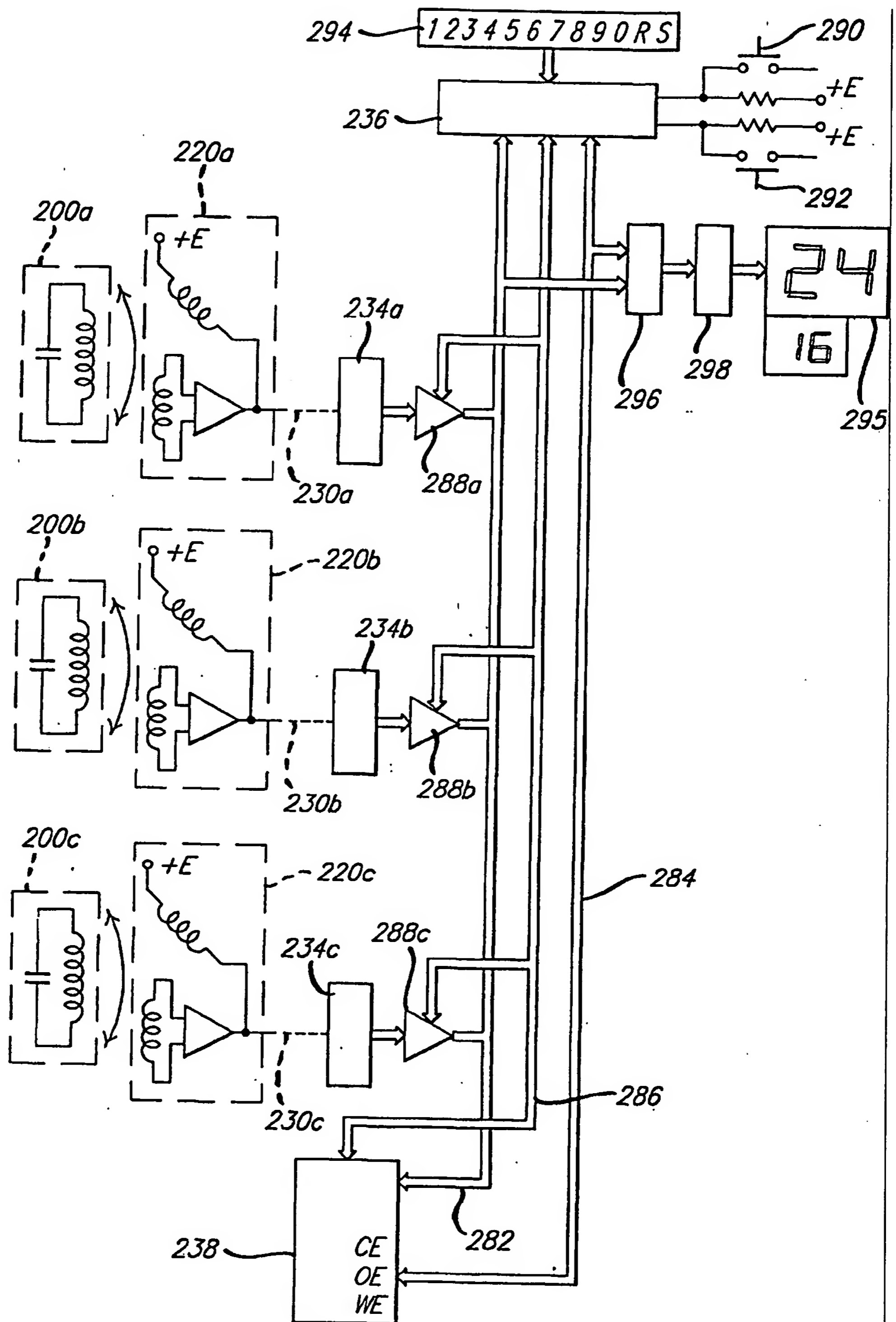


Fig. 14.

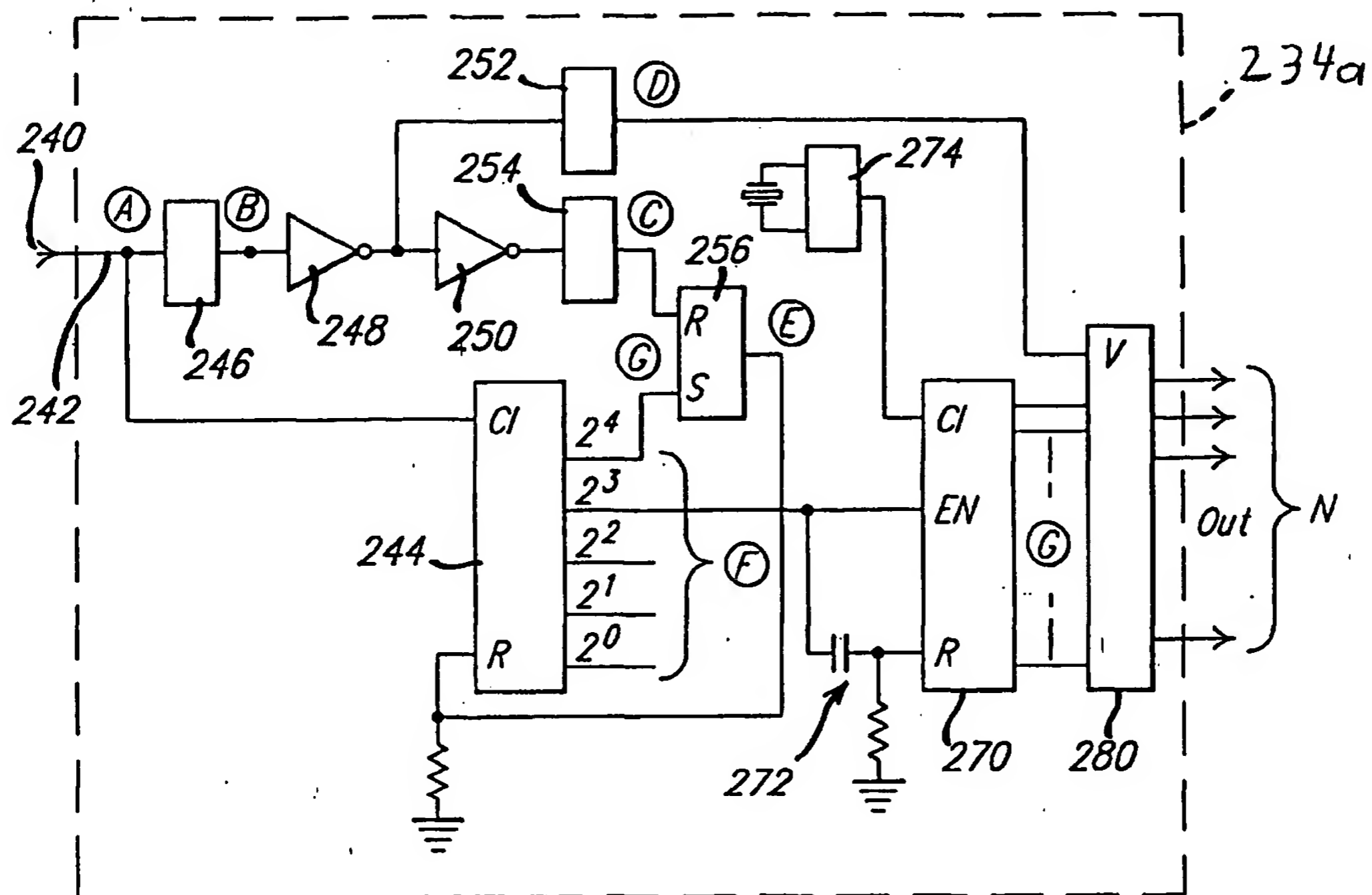


Fig. 15.

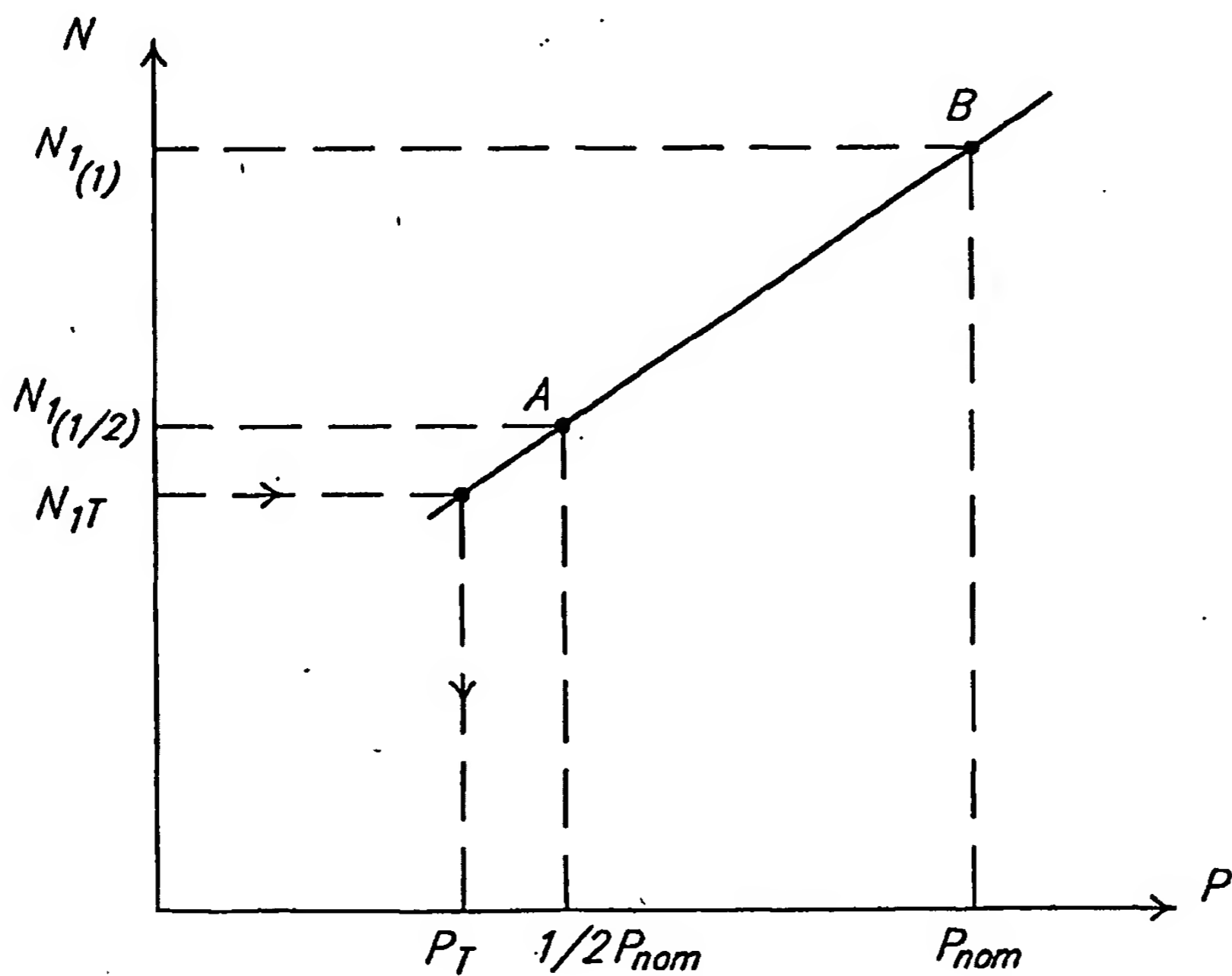
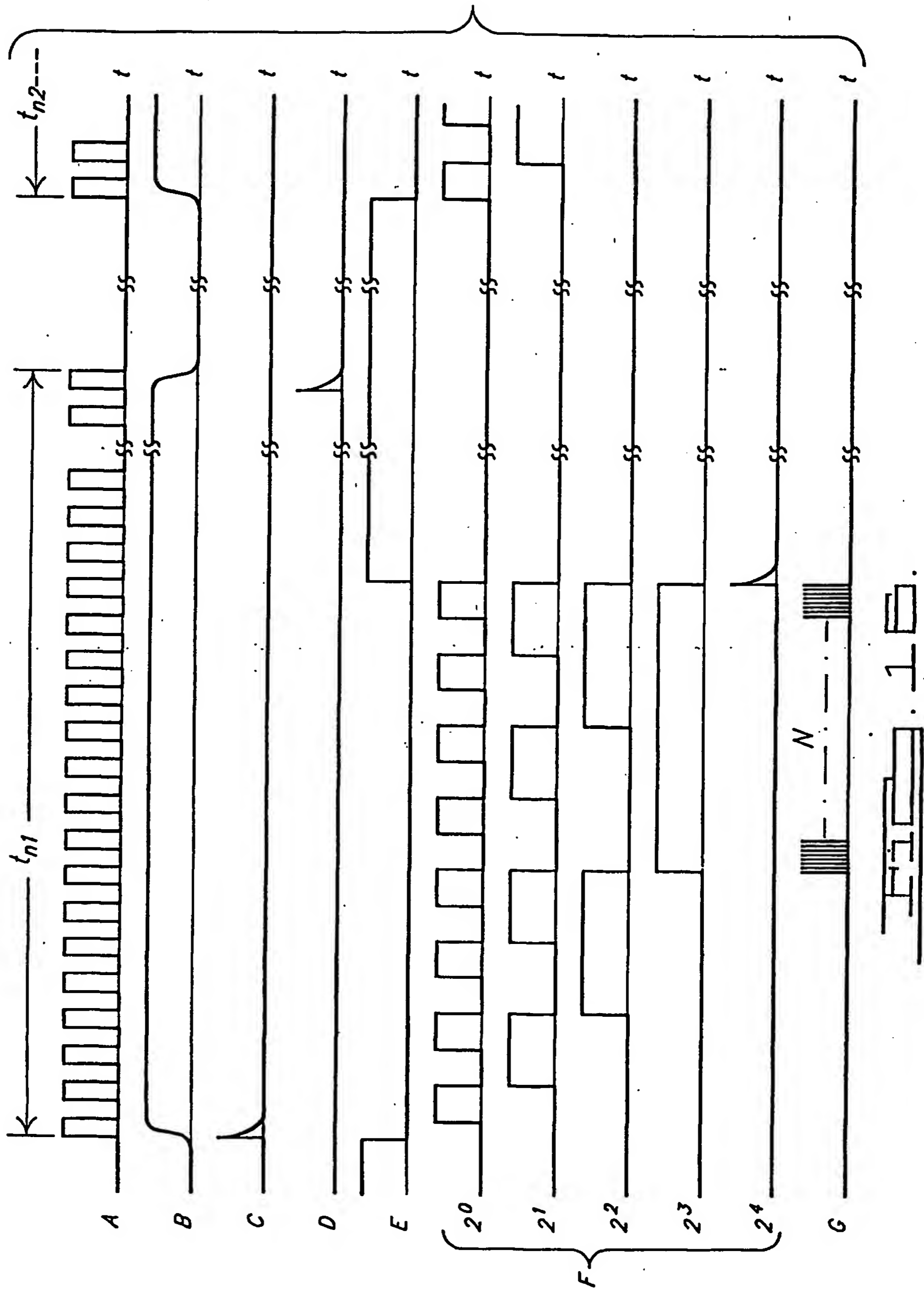
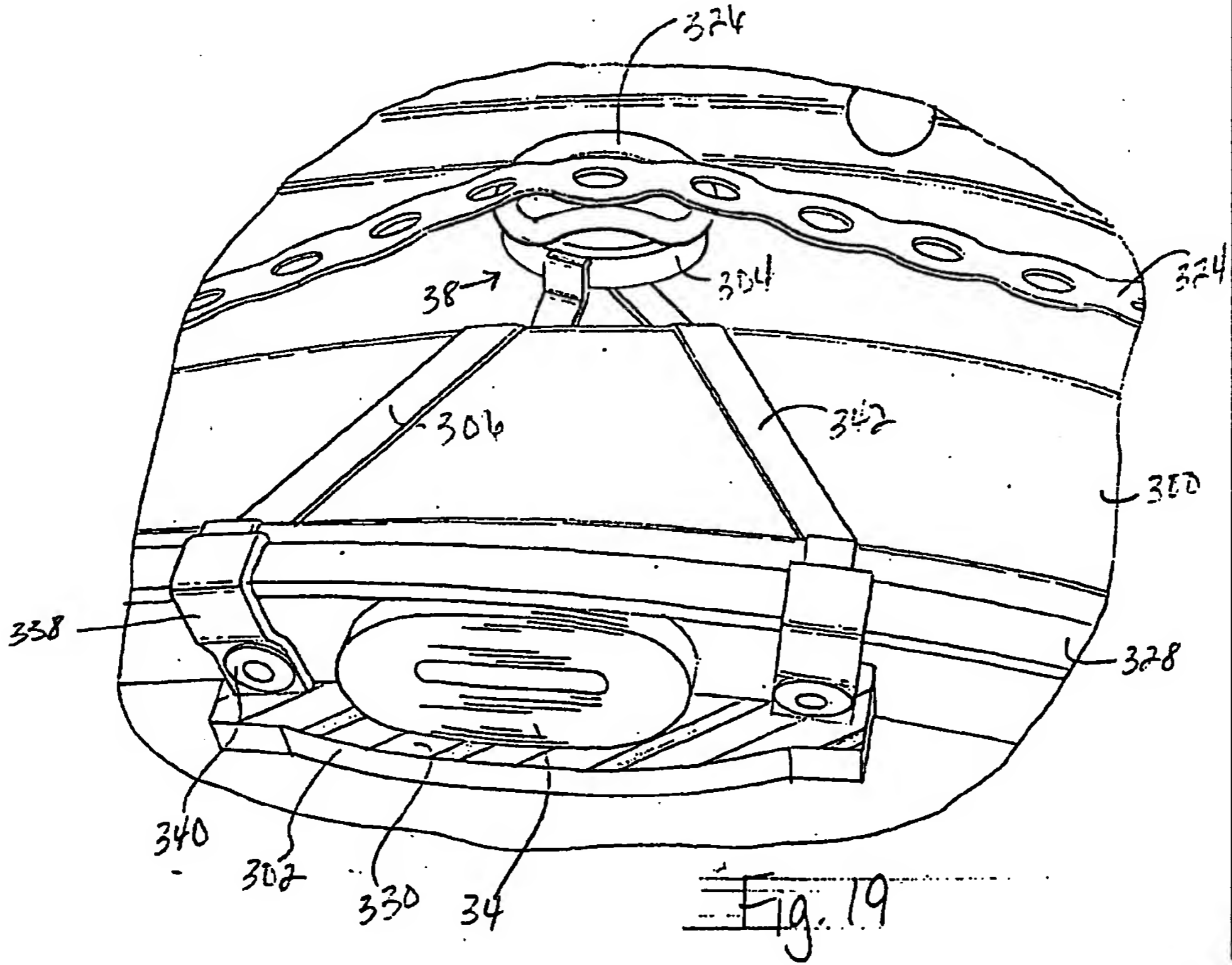
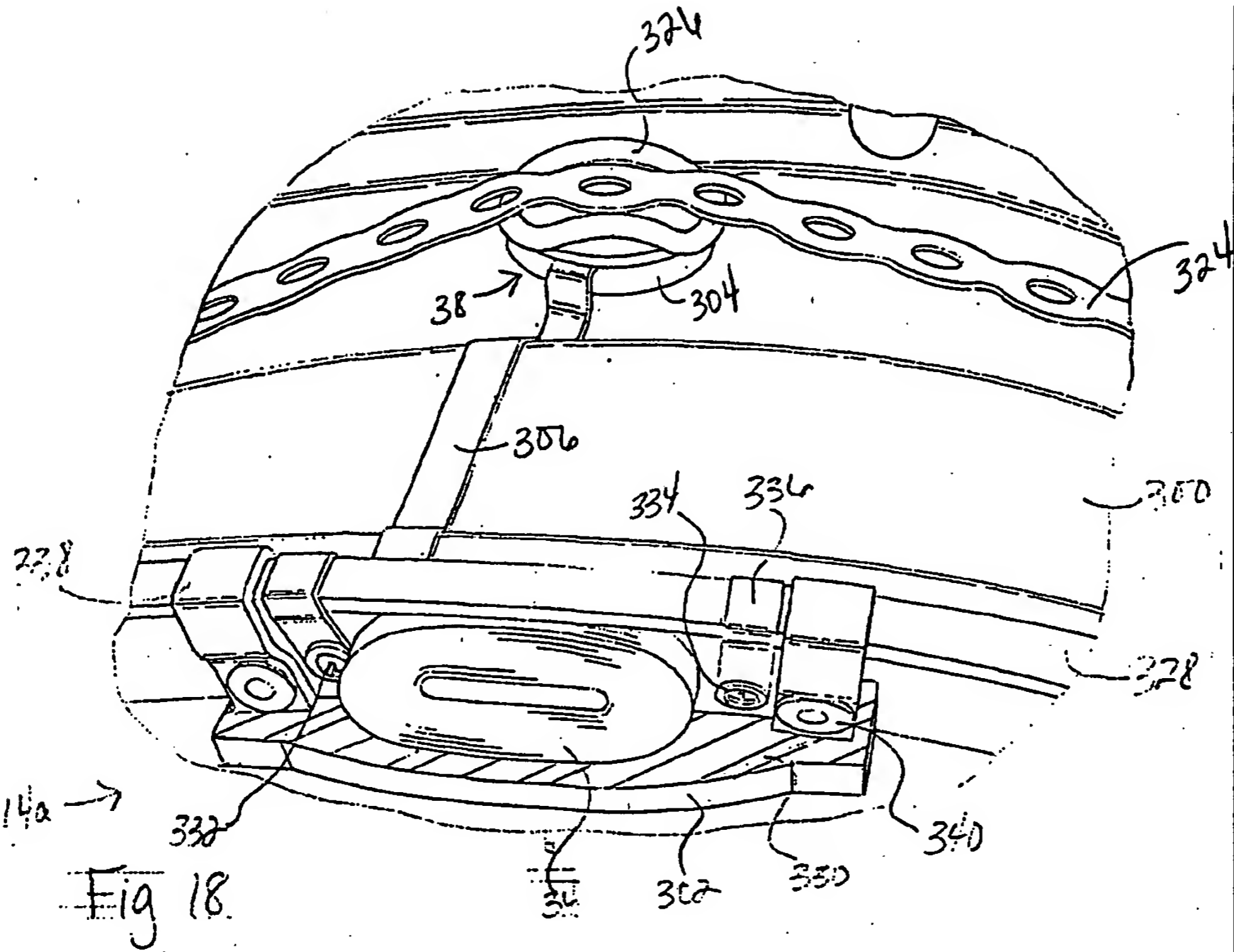
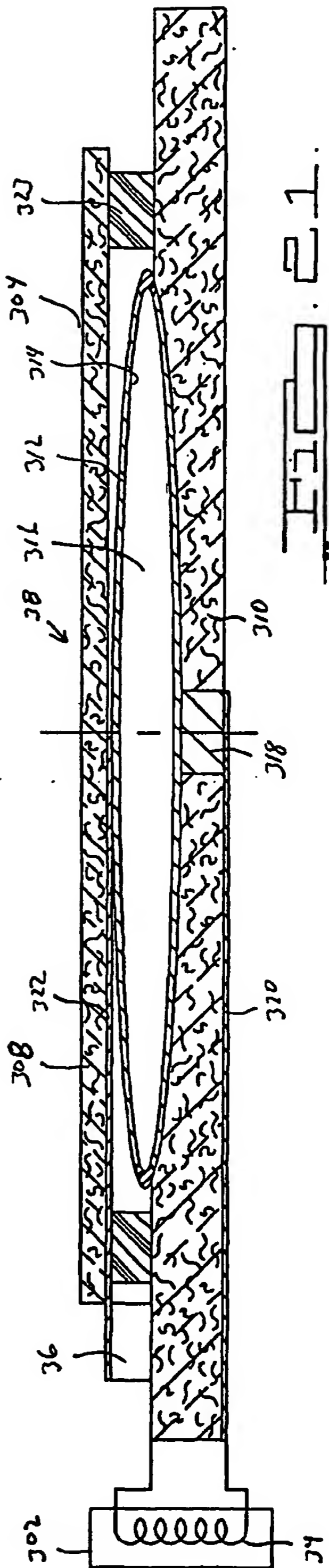
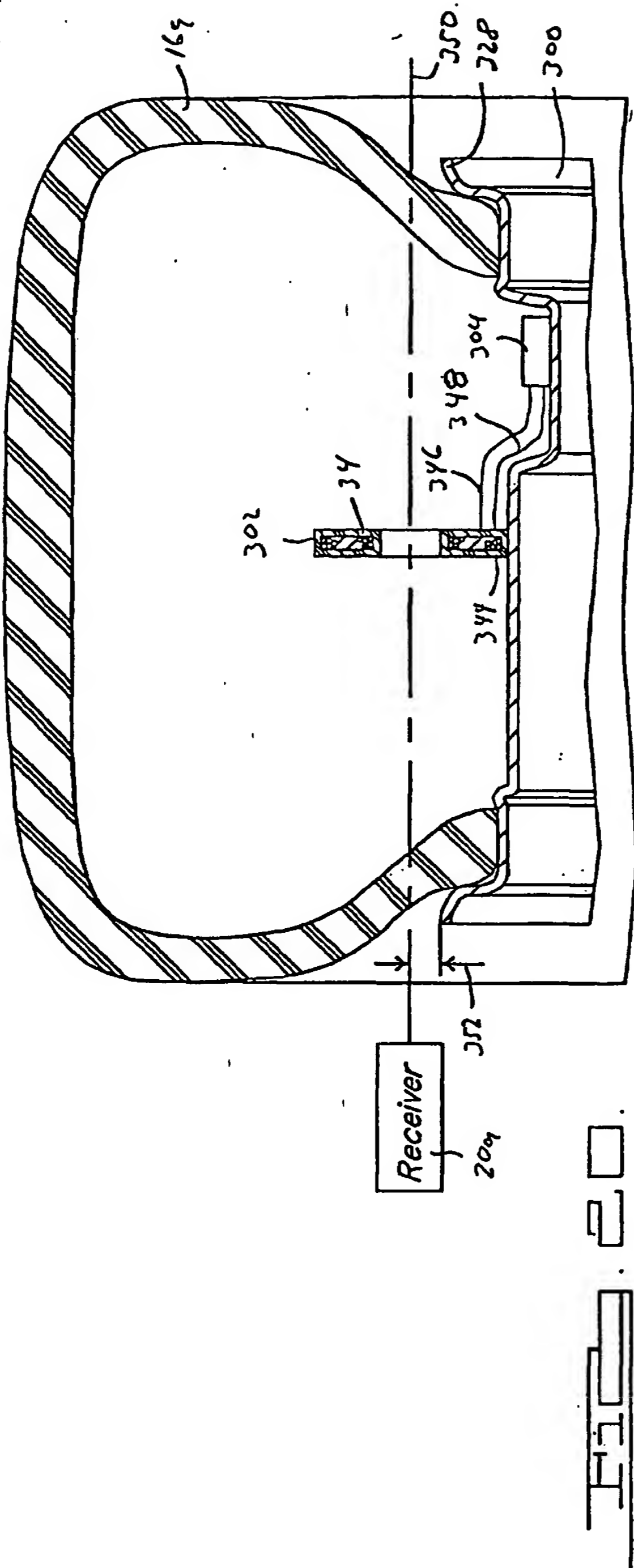
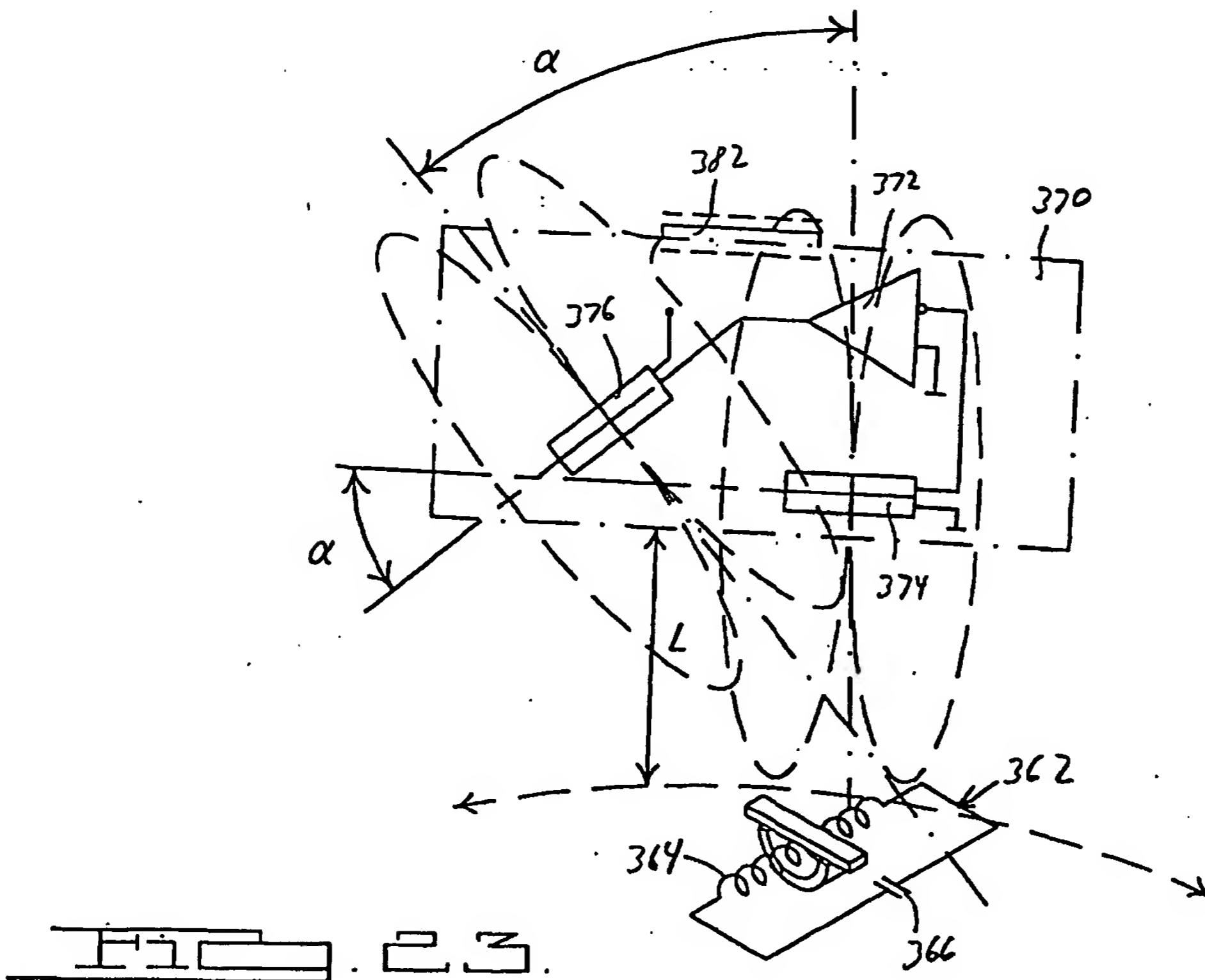
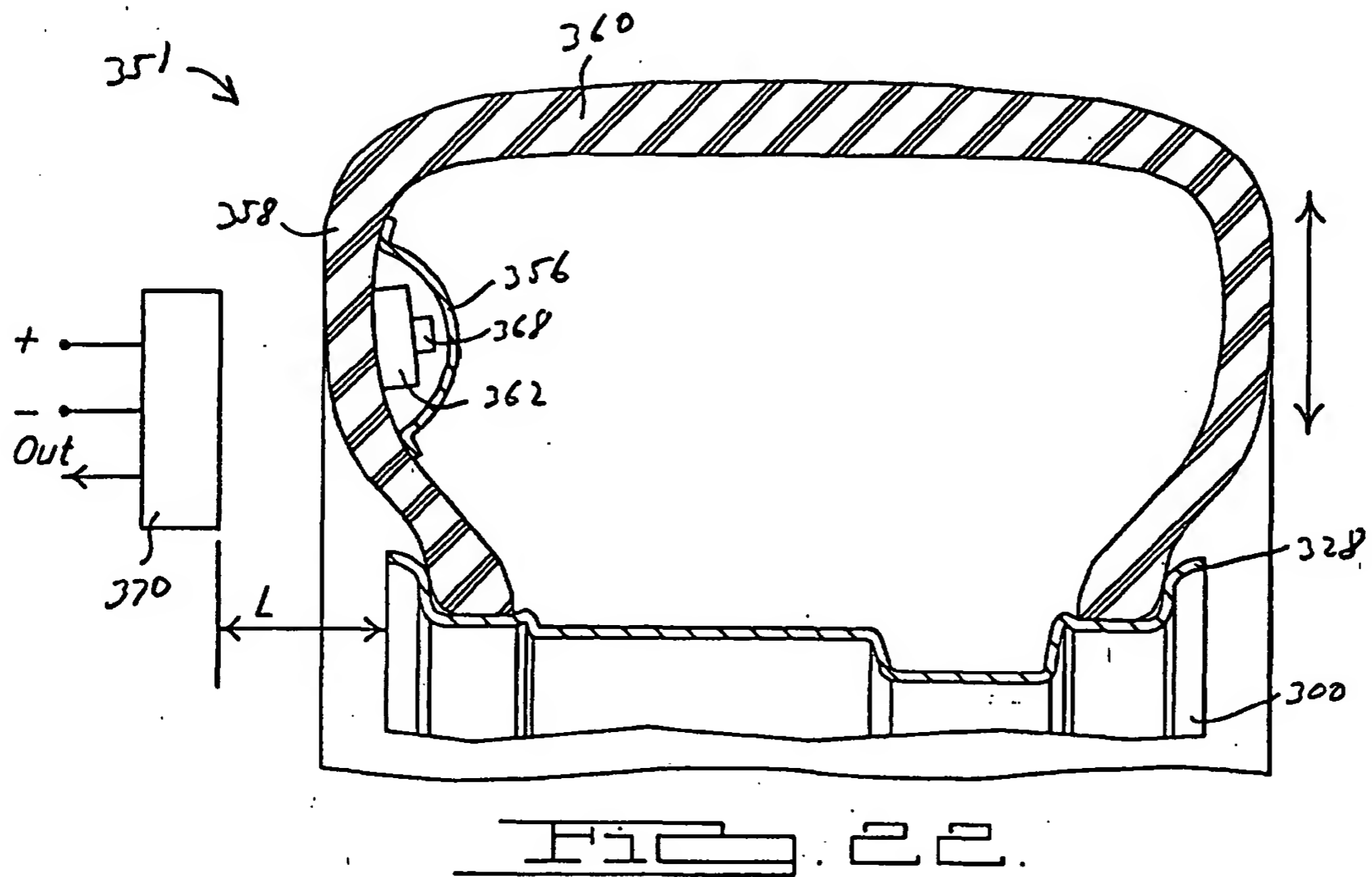


Fig. 17.









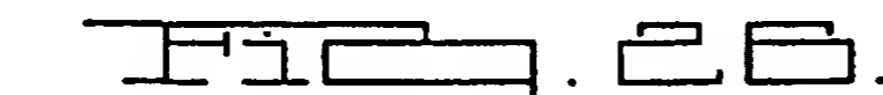
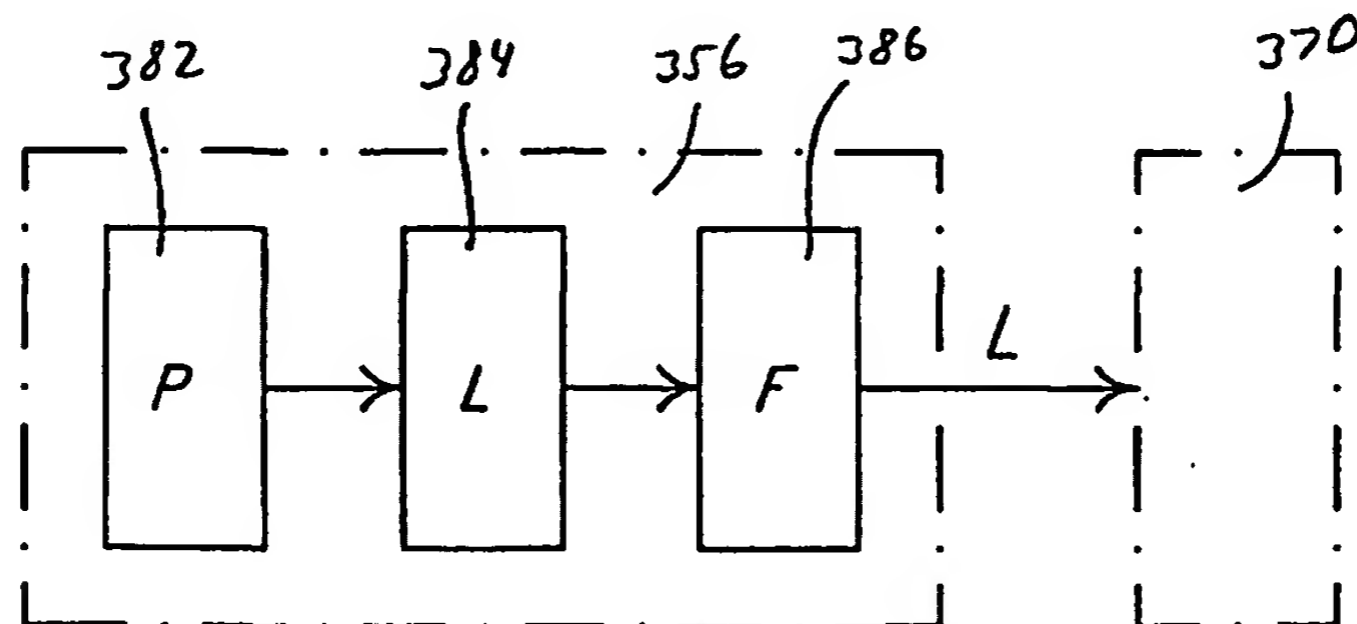
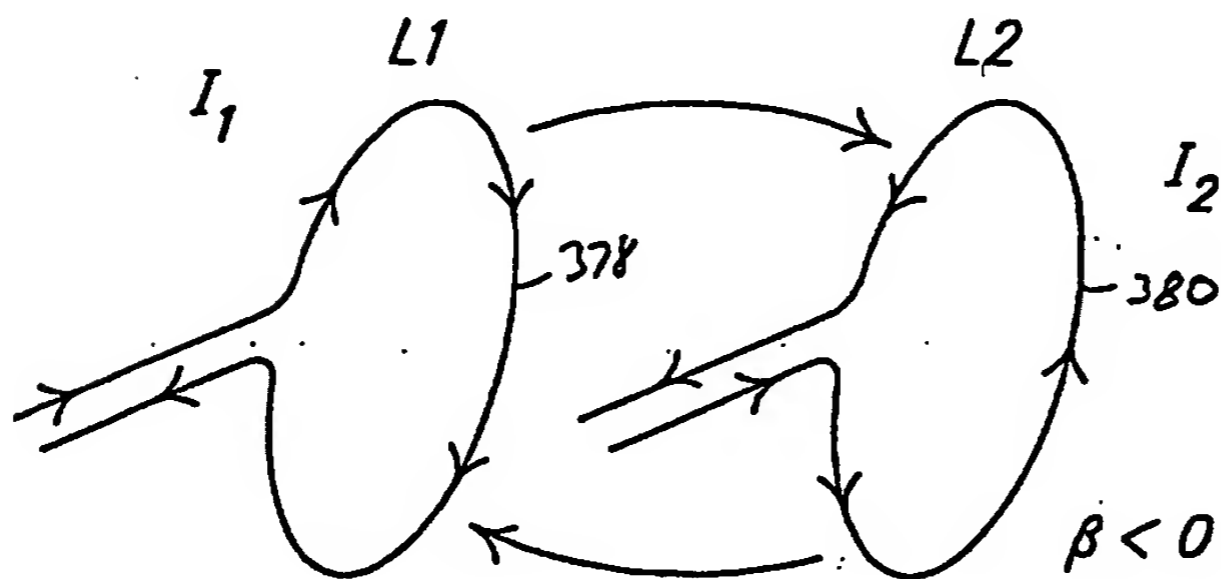
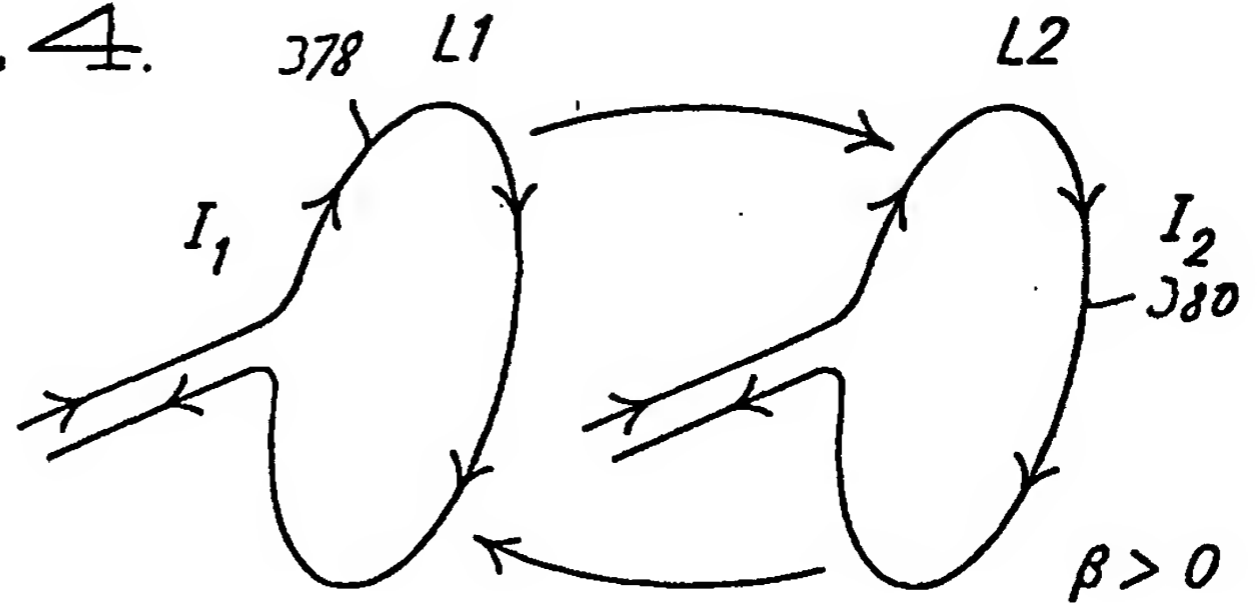
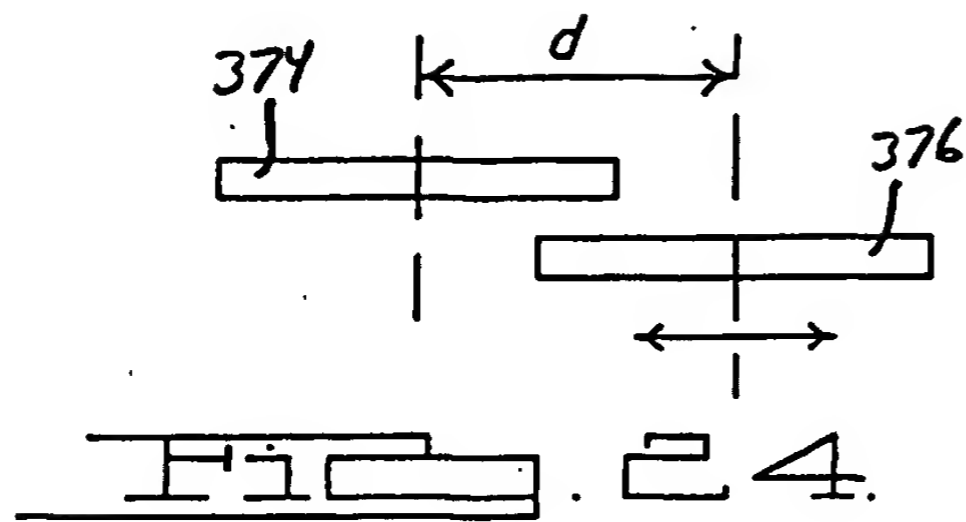


FIG 27A

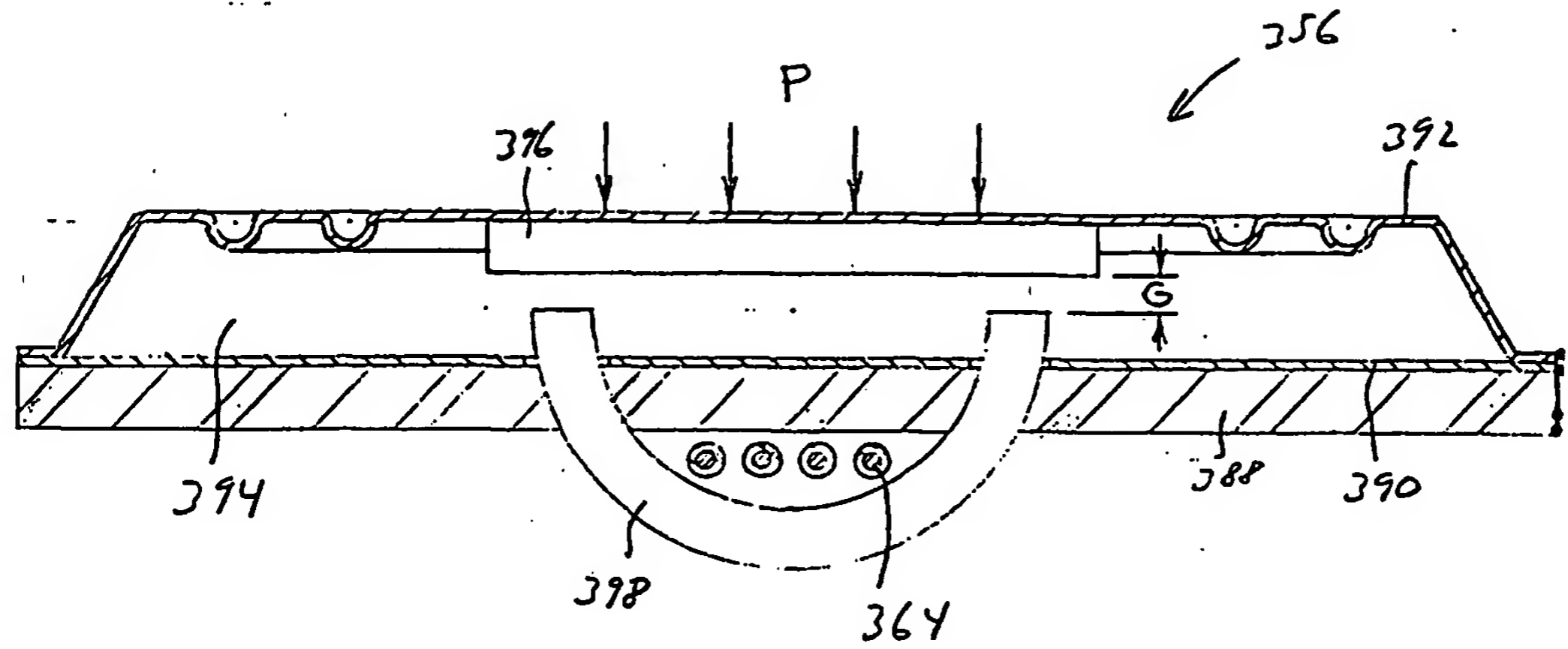
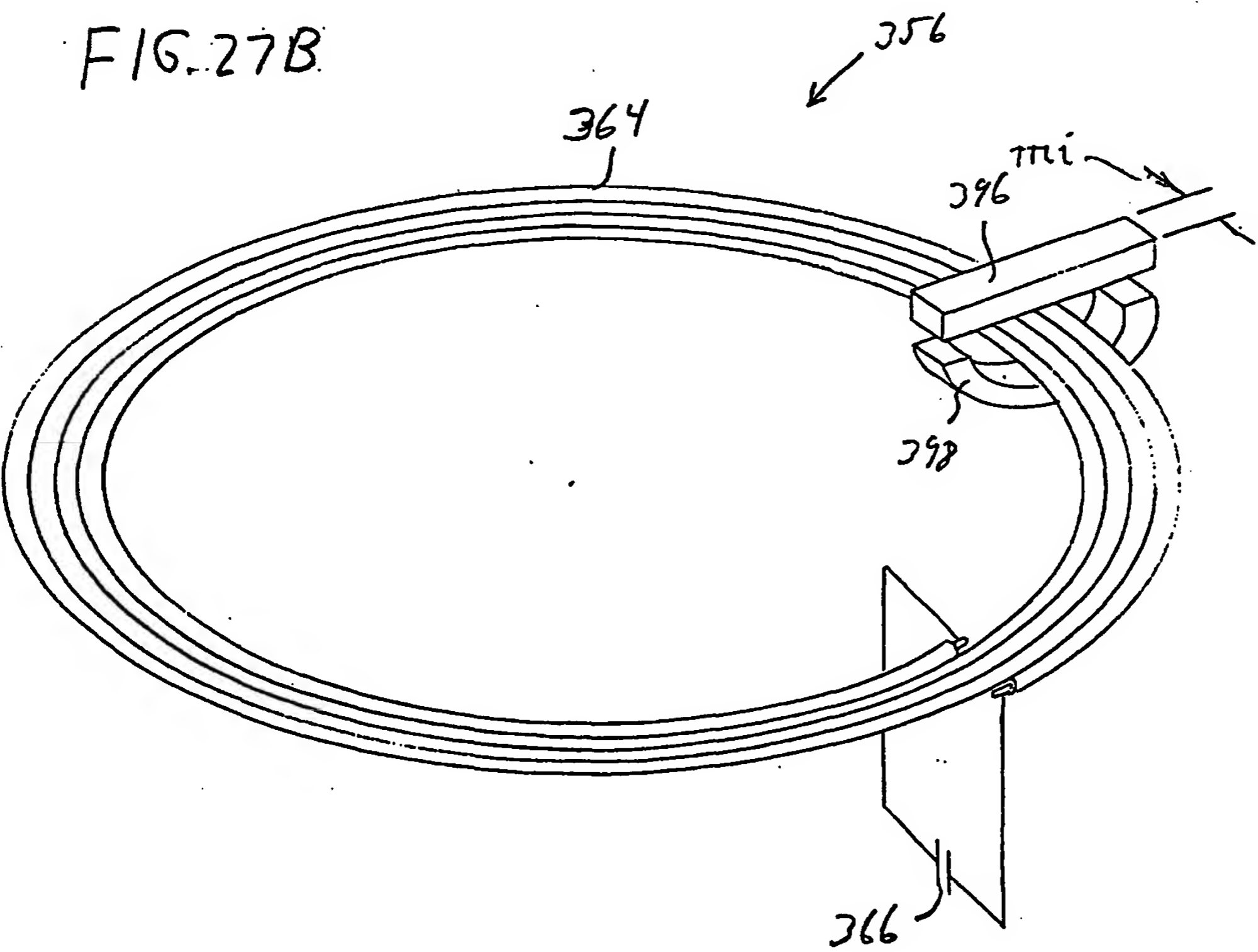
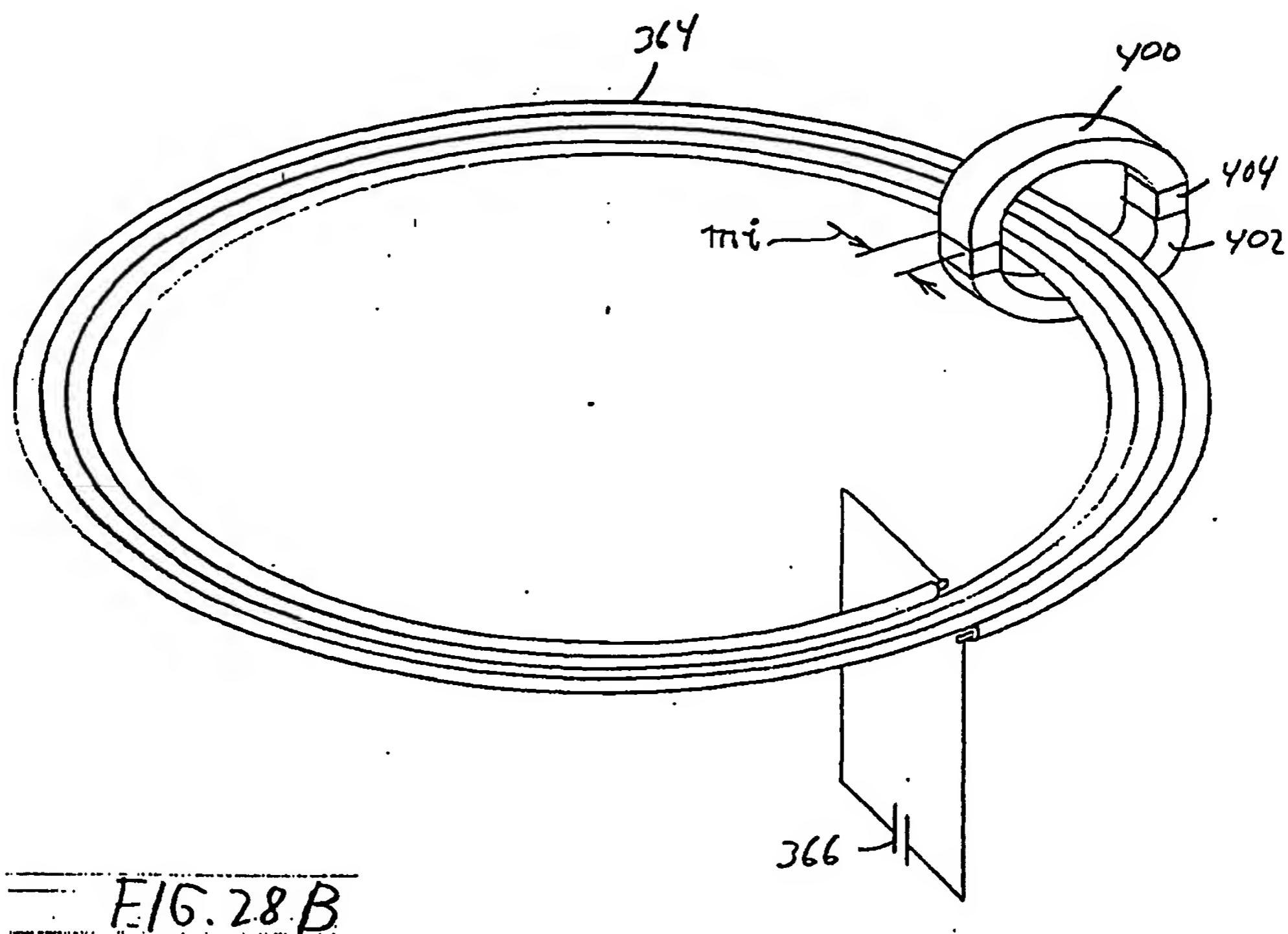
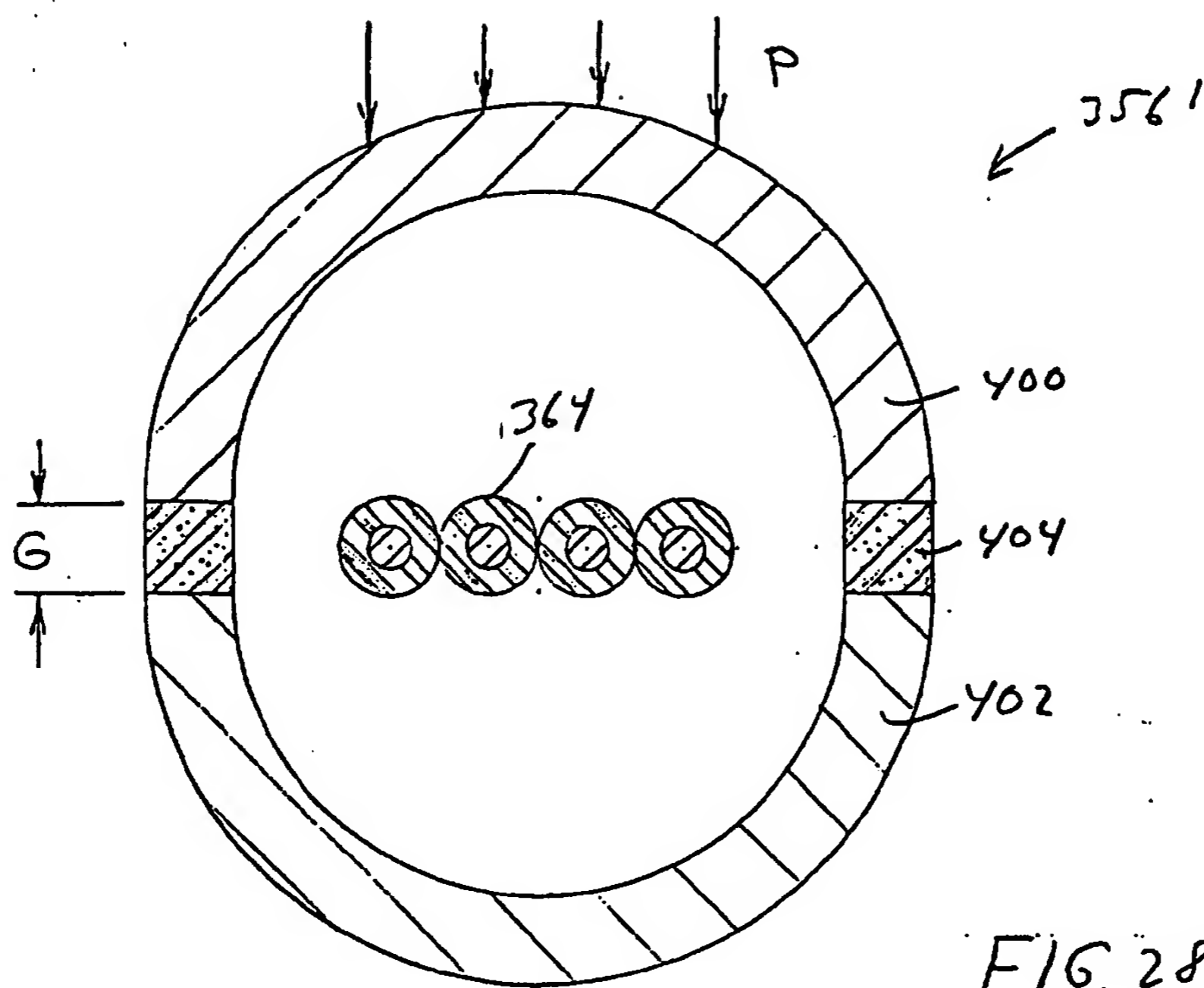
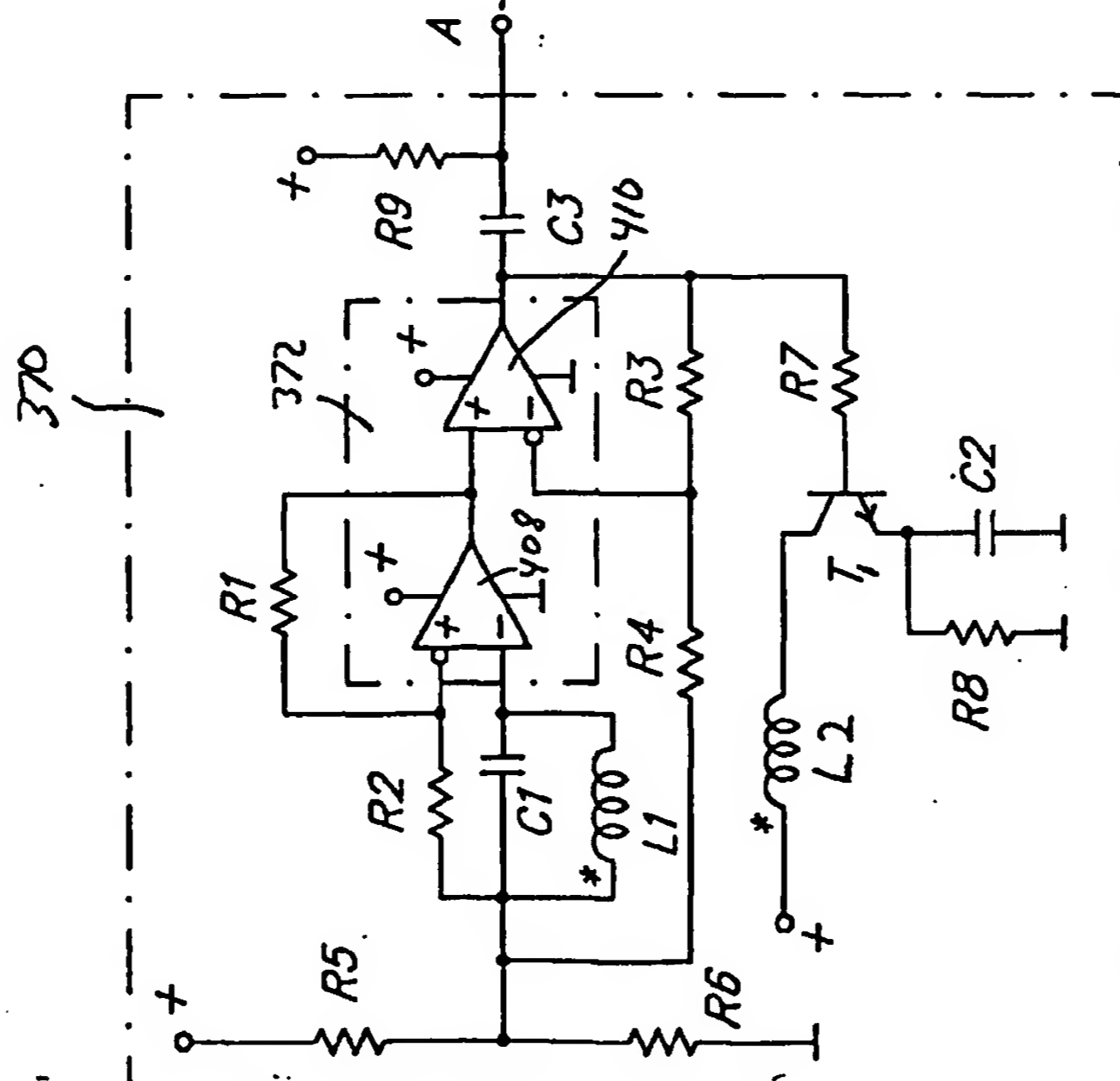
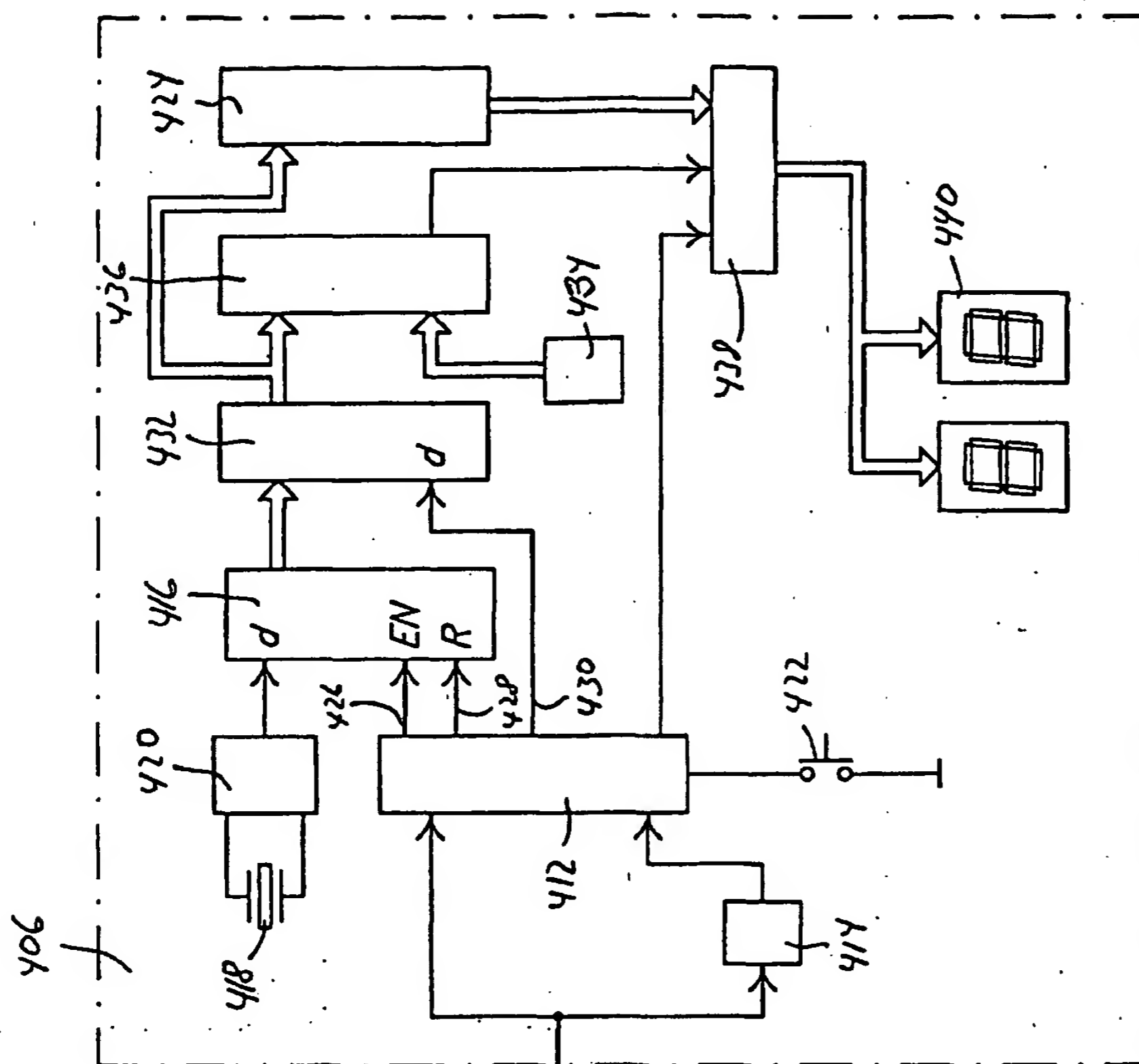


FIG. 27B







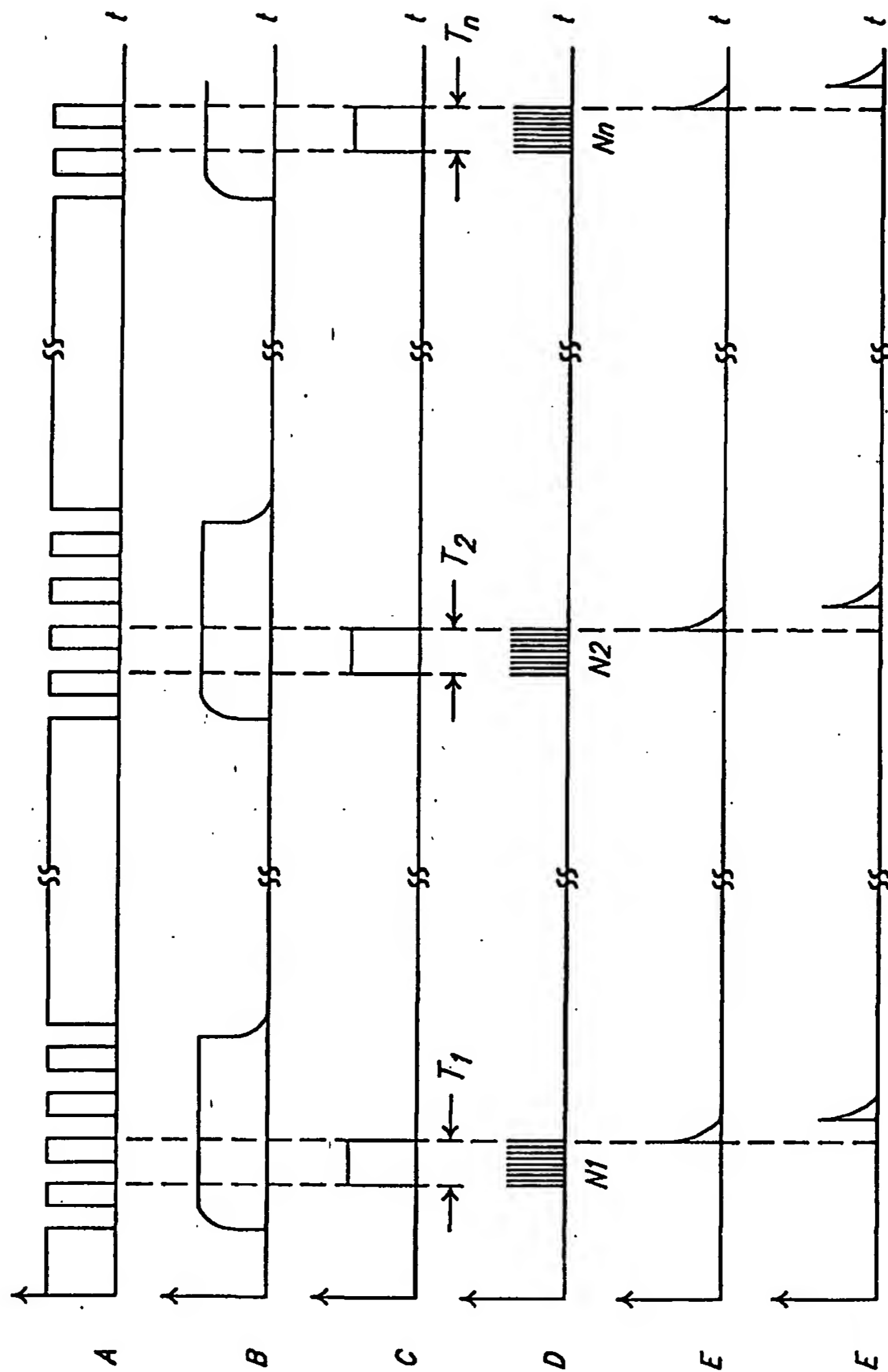


FIG. 20.